

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-345336

(43)Date of publication of application : 14.12.1999

(51)Int.CI. G06T 7/00
G08G 1/16

(21)Application number : 10-154625

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 03.06.1998

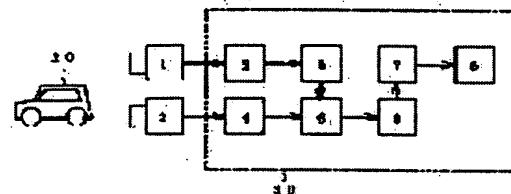
(72)Inventor : SHIMOMURA TOMOKO

(54) OBSTACLE DETECTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make the position of an obstacle surely detectable by performing a processing (voting) adding a prescribed value to a position corresponding to a table in accordance with parallax obtained for every window for all windows and detecting a position having high value in the table of the results as an object.

SOLUTION: Image signal inputted from respective cameras 1 and 2 are stored in each image memory 3 and 4, a window setting means 5 sets a window for an image signal stored in one image memory 3 and a parallax calculating means 6 obtains the position of an image having the highest similarity to the window among image signals stored in the other image memory 4 for every set window. A parallax and angle table 7 the parallax for every window is calculated from the obtained position is generated. Then, a voting means 8 performs a vote in a prescribed value is added to a position corresponding to the table 7 for all windows, and an object detecting means 9 detects the position having a high value in the table 7 of the results as an object.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Obstruction detection equipment characterized by providing the following. The camera installed so that it might consist of two electronic-formula cameras carried in vehicles and both cameras might be mutually assembled on the line with the same horizontal axis of an image pick-up side in parallel [an optical axis] towards both vehicles front or back. Memory which memorizes temporarily the video signal which both the above-mentioned cameras picturized as a digital image. A window setting means to divide the picture of one camera for every window area of a predetermined size. By computing the degree of similar of the picture of the window concerned, and the picture of the camera of another side, and detecting the difference of a position with the picture position which was the highest as for the degree of similar with the camera of the window and another side concerned for every above-mentioned window. The table which made a parallax calculation means to search for the parallax for every window, and the horizontal angle from the optical axis in each above-mentioned window and the value of parallax correspond to a horizontal axis and a vertical axis. By detecting the position more than a threshold predetermined in a vote means to add a predetermined value to the position where the above-mentioned table corresponding to the horizontal angle for every above-mentioned window and the value of the parallax in the window concerned corresponds, and the value of front Naka after the above-mentioned vote. A body detection means to detect the body which exists in the vehicles front or back.

[Claim 2] The obstruction detection equipment according to claim 1 carry out having had a distance calculation means compute a horizontal distance of even the body which carried out [above-mentioned] detection from the optical axis of the above-mentioned camera, based on the horizontal angle in which asks for the distance to the body which carried out [above-mentioned] detection from the above-mentioned camera based on the value of the parallax in the position for which it asked with the above-mentioned body detection means, and the body in the above-mentioned table which carried out [above-mentioned] detection exists, and the above-mentioned distance which found as the

[Claim 3] The above-mentioned distance calculation means about the degree of similar for every pixel in the scanning zone for which it asked in each window in processing of the above-mentioned parallax calculation means. The average of the degree of similar for which it asked for every window is calculated. a horizontal axis The difference of the position of the picture of both cameras, Obstruction detection equipment according to claim 2 characterized by what is been what makes parallax the value of the position which considers that the curve at the time of plotting a vertical axis in the graph made into the average of the degree of similar is a secondary curve, asks for the position where the curve serves as extremal value, and serves as the extremal value.

[Claim 4] A brightness distribution calculation means to calculate the distributed value of the brightness on horizontal one line in the window concerned about two or more lines in each window set up with the above-mentioned window setting means, A distributed judgment means to judge

whether it is more than a threshold predetermined in the average or the aggregate value of a brightness distribution value in every line calculated with two or more above-mentioned lines, Obstruction detection equipment given in any of the claim 1 characterized by what was constituted so that processing after the above-mentioned parallax calculation means might be performed only about the window which are ***** and more than the above-mentioned predetermined threshold, or a claim 3 they are.

[Claim 5] A degree storing means of similar to store the degree of similar for every pixel in the scanning zone for which it asked in each window in processing of the above-mentioned parallax calculation means, A difference calculation means to search for the difference of the average of the degree of full-similar for which is in a scanning zone and it asked for every window, and the value with the largest degree of similar in the scanning zone, Obstruction detection equipment given in any of the claim 1 characterized by what the value of the above-mentioned difference was equipped with a judgment means to judge whether it is more than a predetermined threshold, and was constituted so that only the parallax searched for in the window whose above-mentioned difference was more than a threshold might be used for the processing after the above-mentioned vote means, or a claim 4 they are.

[Claim 6] The above-mentioned vote means is obstruction detection equipment given in any of the claim 1 characterized by what is constituted so that a predetermined value may be added to the position where the above-mentioned table corresponding to the horizontal angle for every above-mentioned window and the value of the parallax in the window concerned corresponds and a value smaller than the above-mentioned predetermined value may be added to the circumference, or a claim 5 they are.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention is technology applied to the crossing obstructing detector which is an object for automobiles, a speed regulating device, a brake operating unit, an automatic steering system, etc., concerning the technology of detecting a front obstruction using a stereo image processing, without being influenced by the color of an obstruction or a background, and asking for the horizontal position (distance from an optical axis) of the distance and the obstruction to the obstruction

[0002]

[Description of the Prior Art] As the conventional obstruction method of detection, there are some which were indicated by JP,3-269211,A, for example. This method sets a precedence vehicle as a detection target, the existence of a precedence vehicle is judged by discovering the high position of the object nature of the right and left which are the feature of a precedence vehicle, and a brightness histogram, and the distance to a precedence vehicle is found by performing stereo matching in the position.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the method of the above-mentioned conventional example, since the bilateral-symmetry nature which is the feature of vehicles was used, there was a problem that it was difficult to detect obstructions other than vehicles. Moreover, in order to use the histogram of brightness, there was a problem that the detectivity force was influenced by the color of an obstruction and its background.

[0004] It is made in order that this invention may solve the problem of the conventional technology like the above, and it aims at offering the obstruction detection equipment which can detect the position of an obstruction certainly irrespective of the configuration, color, and background color for detection.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, in this invention, it constitutes so that it may indicate to a claim. First, in invention according to claim 1, parallax (difference of the position of the picture reflected to each camera when one body was picturized with two cameras A and B with which the optical axis was installed by being parallel and separating a predetermined interval) is searched for for every window which set up and set the window as the whole stereo picture. And it uses that the window which shows the value of the same parallax as the direction when a body exists ahead solidifies. The table where the item of a table in every direction consists of the horizontal position (angle from an optical axis) and horizontal parallax of the window set up on the picture is made. According to the parallax searched for for every window, processing (vote) which adds a predetermined value to the position where the table corresponds is performed in all windows, and it constitutes so that an expensive position may be detected as a

body from front Naka of the result. According to this method, it becomes possible to detect two or more bodies simultaneously by the same processing irrespective of the form and color of the number of a detection body, or a detection object. In addition, the above-mentioned composition is equivalent to the gestalt of for example, the after-mentioned 1st operation.

[0006] Next, in invention according to claim 2, it constitutes so that a horizontal distance of even the body which carried out [above-mentioned] detection from the optical axis of the above-mentioned camera may compute based on the horizontal angle in which asks for the distance to the body which carried out [above-mentioned] detection from the above-mentioned camera based on the value of the parallax in the position which asked for the above-mentioned body, and the body in the above-mentioned table which carried out [above-mentioned] detection exists, and the above-mentioned distance which found. Since the value of parallax corresponds to the distance from a camera to a body, the value of distance can be calculated by the principle of triangulation. In addition, the above-mentioned composition is equivalent to the gestalt of for example, the after-mentioned 2nd operation.

[0007] Next, invention according to claim 3 computes distance according to claim 2 more precisely, and sets it to calculation processing of parallax. The average of the degree of similar for which it asked for every window is calculated. a horizontal axis The difference of the position of the picture of both cameras, It considers that the curve at the time of plotting a vertical axis in the graph made into the average of the degree of similar is a secondary curve, and asks for the position where the curve serves as extremal value, and it constitutes so that the value of the position used as the extremal value may be made into parallax. Thus, by constituting, the value of parallax can be computed to the value below a a small number of point, and so highly precise distance calculation can be performed. In addition, the above-mentioned composition is equivalent to a part of gestalt of for example, the after-mentioned 4th operation.

[0008] next, the difference in the window where calculation of parallax is difficult since the method of asking for distribution of the parallax direction in a window is used as pretreatment of matching processing of the parallax calculation in every window in invention according to claim 4 -- since calculation is omissible, processing becomes high-speed In addition, in order not to compute the parallax in the difficult window of matching, the reliability of the body detection which is after treatment improves. In addition, the above-mentioned composition is equivalent to a part of gestalt of for example, the after-mentioned 3rd operation.

[0009] Next, in invention according to claim 5, it sets in the window which computed parallax. It responds to the size of the difference of the average of the degree of similar for every pixel in the scanning zone for which it asked in order to determine the parallax, and the position where the degree of similar is the highest. The reliability of the parallax searched for is judged, and it constitutes so that high, the low thing of reliability, i.e., possibility of incorrect detection, parallax may not be used for the vote to a table. By this composition, incorrect detection can decrease and the reliability of body detection can be raised. In addition, the above-mentioned composition is equivalent to a part of gestalt of for example, the after-mentioned 3rd operation.

[0010] Next, in invention according to claim 6, it becomes easy to detect the body detected as that from which parallax differs by 1 pixel by the quantization error etc. in spite of existing in the same distance by having constituted so that a low value might be added also to the frame of the circumference as the same body in the case of the vote to a table. Moreover, since a crotch can make a value reflect [edge / characteristic / of an obstruction] a ** case etc. in the next window comrade in the window of two *****, detection of an obstruction becomes certain. In addition, the above-mentioned composition is equivalent to a part of form of for example, the after-mentioned 4th operation.

[0011]

[Effect of the Invention] According to this invention, the effect of becoming possible to detect two or more bodies correctly simultaneously by the same processing is acquired irrespective of the form

and color of the number of a detection body, or a detection body. Moreover, in a claim 2, the distance from a camera to a detection body and a horizontal distance of the optical axis of a camera to a detection body are computable. Moreover, in a claim 3, distance is more computable to high degree of accuracy. Moreover, processing is accelerable while the reliability of body detection improves in a claim 4. Moreover, incorrect detection is decreased in a claim 5 and a claim 6, and the effect that the reliability of body detection can be raised is acquired.

[0012]

[Embodiments of the Invention] (Gestalt of the 1st operation) Drawing 1 is the block diagram showing the 1st composition of the gestalt of operation. In drawing 1, 1 and 2 are the cameras of an electronic formula, turn [anterior part / of a self-vehicle] to the front, and are installed in it, and the optical axis of both cameras is installed so that the horizontal axis of an image pick-up side may gather on the same line in parallel with mutual. In addition, back can be turned and installed in the posterior part of vehicles, and it can also constitute so that the obstruction of vehicles back may be detected. 20 is detection objects, such as an obstruction which exists ahead of a self-vehicle, and has illustrated the precedence vehicle in drawing 1. 30 is operation part, for example, consists of microcomputers which consist of CPU, RAM, a ROM, etc. In operation part 30, 3 and 4 are image memories which memorize the picture signal inputted from cameras 1 and 2, respectively. Moreover, 5 is a body detection means to detect the body ahead of vehicles, when 5-9 show the content of an operation in operation part 30 with a block, a window setting means and 6 detect a parallax calculation means and 7 detects the table of the degree of parallactic angle, and the position more than a threshold predetermined [8 / Table 7 to] in a vote means and 9. About each of these meanses in operation part 30, a detail is mentioned later.

[0013] Drawing 2 is drawing explaining the principle which finds the distance from a camera to the candidate for detection by the principle of triangulation using a stereo picture. In drawing 2, Picture B shows the picture which picturized the picture picturized with Camera A (equivalent to the aforementioned camera 1) with Picture A and Camera B (equivalent to the aforementioned camera 2), and the position for detection is made into Point p (x y, z).

[0014] If things can be carried out in quest of the matching positions xa and xb between the pictures of two sheets in the stereo picture which a focal distance f and interocular distance (distance between both cameras) D are known, and the optical axis picturized with two parallel cameras A and B mutually so that drawing 2 may show, the distance Z from a camera to Object p can be found from the following (several 1) formula.

[0015]

$Z=f-D/(xa-xb)=f-D/S$ -- (several 1)

However, like drawing 2, it is parallax, and the optical axis of $xa-xb=S$ is parallel, and when one body is picturized with two cameras A and B installed by separating a predetermined interval, it is the difference of the position xa in the difference A of the position of the picture reflected to each camera, i.e., a picture, and the position xb in Picture B. In addition, in this example, m , a focal distance f , parallax S , and the unit of positions xa and xb of the unit of interocular distance D and Distance Z are pixels. For example, when Cameras A and B set the number of pixels to 640x480 using CCD, the size of 1 pixel is about 10 micrometers.

[0016] Although the focal distance f of the above-mentioned (several 1) formula has calculated the unit as a pixel, generally as for a focal distance f , a unit is expressed with mm in many cases. In order for a unit to convert it into the value which is a pixel, it can be asked to be shown in drawing 3 by the following (several 2) formula by detecting the number wx of pixels of the object on the picture which picturizes the object of width-of-face W (mm) which the size understands at the place distance z (mm) Distant, and is then picturized by image processings, such as an edge detection.

[0017] $f=z-wx/W$ -- (several 2)

However, the unit of wx and f needs to detect the point (xa, ya) on the picture (for example, the

picture A) of another side corresponding to the point (x_b, y_b) that Point p is picturized on one picture (for example, the picture B), in order for a pixel and the unit of z and W to detect mm and the above-mentioned parallax S. As the method, the picture (window) of a certain range including the point on Picture B (x_b, y_b) and the most similar range can be searched for by searching out of Picture A. There are a finite difference method, a normalization correlation technique, etc. between pictures in calculation of this degree of similar.

[0018] Drawing 4 is drawing showing the result which searched for the parallax for every position to which both pictures correspond. in detail By cutting one picture (for example, the picture B) for every window, and asking for the position of the window and a picture with the highest degree of similar from the picture (for example, the picture A) of another side in all those windows in the picture which picturized the passage front The corresponding position in both pictures is detected and the result which searched for the parallax for every window from each corresponding position is expressed. In drawing 4 , as for a left picture (equivalent to Picture A), and (B), (A) shows the picture in which a right picture (equivalent to Picture B) and (C) extracted the table of parallax, and, as for (D), parallax extracted only the window portion of "15." Moreover, (1) – (20) of drawing 4 (B) and (C) shows the position of the horizontal direction (it is hereafter described as a longitudinal direction) of each window, and is equivalent to a lateral angle (it explains in full detail by drawing 5). However, (1) – (20) is expressed with the number with a round head in drawing. Moreover, width of face (the length of x directions) is [xw and the height (the length of the direction of y) of one window] $yw(s)$. As mentioned above, if the parallax for every window is known, the distance to the body currently picturized by the corresponding window can be found by using the aforementioned (several 1) formula.

[0019] The picture which searched for the parallax to the body currently hereafter picturized by the interior for every window like drawing 4 will be called "depth map." Since it is equivalent to the distance to the body which the parallax computed for every window of this is picturized inside the window concerned, and has characteristic portions, such as an edge, if one object is picturized ranging over two or more windows, the same parallax will be searched for in an adjoining window. For example, since a precedence vehicle and the road surface of the right under where a precedence vehicle exists are these distance in the case of the depth map in the picture which picturized the passage front, as the window of a thick line shows to drawing 4 (D), the window on the same y-coordinate as the lower part of a precedence vehicle is computed with the same parallax as a precedence vehicle. For example, it is equivalent to the above-mentioned portion that "15" is following the lower shell of the 2nd line of drawing 4 (C) at the longitudinal direction. In addition, in drawing 4 (C), the portion to which parallax "15" has gathered to a part for a center section is equivalent to a precedence vehicle, the portion to which parallax "19" has gathered in (3) and (4) trains is equivalent to "a left tree", and the portion in which parallax "5" is following (6) trains is equivalent to "a central tree."

[0020] Drawing 5 is drawing having shown the angle picturized in the window set up on the picture to two cameras 21 and 22 with the precedence vehicle 23 and the physical relationship of two trees 24 (equivalent to the tree of the aforementioned left), and 25 (equivalent to the tree of the center of the above) of the width, when the picture shown in drawing 4 is picturized with a camera.

[0021] Moreover, it is drawing [parallax] having shown the table (it is hereafter called the table for vote) of the degree of parallactic angle where took drawing 6 to lengthwise and it took the angle [(1) – (20) of drawing 4 and drawing 5] in the longitudinal direction, and a left picture and (B) show a right picture, and, as for (A), (C) shows the table for the above-mentioned vote.

[0022] Moreover, drawing 7 is drawing showing signs that its vote is cast for the position in corresponding front Naka based on the position of the longitudinal direction of the parallax searched for in a certain window on a depth map, and its window, in (A), a right picture and (B) show the table of parallax, and (C) shows the table for vote. In addition, "vote" in this case means adding to a certain angular position and the position of the value of the parallax corresponding to it every [1 /

[+]. For example, when one parallax "15" exists in the position of an angle (8), "+1" is added to the position of parallax "15" at an angle of drawing 7 (C) (8). In the example of drawing 7 (B), since five parallax "15" exists in the position of an angle (8), finally its vote will be cast for "5" at an angle (8) in the position of parallax "15".

[0023] Moreover, drawing 8 is drawing showing the result which went the above-mentioned vote in all windows, in (A), a right picture and (B) show the table of parallax, and (C) shows the table for vote.

[0024] In the window set up by drawing 4, the window of the position where a longitudinal direction is the same picturizes the same direction so that drawing 5 may show. Moreover, when a body exists ahead so that drawing 8 may show, in the portion which is detecting the body, the parallax with the same window lengthwise [on the same x-coordinate] is searched for, and the same parallax is searched for in the window of the longitudinal direction on the same y-coordinate by the case where a body does not exist on a road surface. Since the number of times of vote to the value to the direction and parallax will increase if its vote is cast for a table by the method shown in drawing 7 using such a depth map, and the same parallax as the same direction (on the same x-coordinate) is located in a line, the value of the position becomes high. Therefore, the existence of a front body is detectable by looking for the position of drawing 8 where a front shell value is high. In the example shown in drawing 8, vote concentrates at the portion (equivalent to a left tree) of parallax "19", and an angle (5) by the angle (3) and (4), and concentrates in the portion (equivalent to a precedence vehicle) of parallax "15" by the portion (equivalent to a central tree) of parallax "5", and angle (8) - (16), and the value is high.

[0025] By the above-mentioned method, a setup of the threshold of the value looked for from a table can also adjust the height of the body made applicable to detection, and detection of two or more bodies can also perform detection of one body by the same processing regardless of the form and color of an object.

[0026] In the gestalt of the 1st operation shown in drawing 1, each above-mentioned function is shown as each means, each above-mentioned window is set up with the window setting means 5, and the above-mentioned parallax is computed with the parallax calculation means 6. Moreover, Table (table for vote) 7 of the degree of parallactic angle is equivalent to above-mentioned drawing 7 (C), the vote means 8 performs vote explained by drawing 7, and the body detection means 9 detects the body which exists ahead [vehicles] by detecting the position more than the front shell predetermined threshold shown in drawing 8 (C).

[0027] As explained above, it sets in the gestalt of the 1st operation. It uses that the window which shows the same parallax as the same direction will solidify if a body exists ahead. By adding a value to the position where front Naka which consists of an angle and parallax the defined parallax searched for for every window based on the angle of the longitudinal direction of the window corresponds, and looking for an expensive position from front Naka of the result which performed the operation in all windows, it constitutes so that a body may be detected. Therefore, two or more bodies can also detect one body by the same technique, and can detect a body now, without being influenced by the color of the background for detection. Moreover, since road marking, such as a white line and a stop line, does not appear in the direction where the window which shows the same parallax is the same, they also has the advantage that incorrect-detecting road marking and an obstruction with height is lost. In addition, since only the depth map is used, two or more bodies are detectable by the same processing irrespective of a color, or the configuration and background color for detection.

[0028] (Form of the 2nd operation) Next, drawing 9 is the block diagram showing the form of the 2nd operation. This forms the distance calculation means 10 in the degree of the body detection means 9 in aforementioned drawing 1, and other portions are the same as that of drawing 1. The distance calculation means 10 computes the distance from a camera to a detection body, and lateral positions (x1 of the distance of the x directions of [from an optical axis to an object], for example,

drawing 5 , x_2 , etc.). As the form of implementation of the above 1st explained, since the value of the horizontal axis and vertical axis expresses the parallax and the direction of the body, the position (position which shows the value beyond a predetermined value) detected from front Naka of drawing 8 (C) can ask for the distance to a body, and a lateral position by using this value.

[0029] Hereafter, the calculation method is explained. First, the distance to a body is found. The distance to the detected body is calculable with the principle mentioned above, if parallax is detectable. Therefore, by substituting for drawing 8 (C) the value (the above "19", "4", and "15") of the parallax with which the body was detected at S of the aforementioned (several 1) formula, the distance to "a left tree", "a central tree", and a "precedence vehicle" can be found, respectively.

[0030] Next, it asks for a lateral position. (1) – (20) expresses the angle from the lens center picturized for every window so that drawing 5 may show. It can ask for the angle theta for every window by the following (several 3) formula geometrically.

$$\text{Theta} = \tan^{-1} (xw/f) \quad (\text{several 3})$$

In addition, xw is the size of the longitudinal direction of one window. Moreover, the unit of xw and f is a pixel.

[0031] Since the position XL (distance of the x directions of [from an optical axis to a body]) of an objective longitudinal direction is in the physical relationship shown in drawing 5 , based on the angle of the distance found by the formula (several 1), and a table, it can ask for it by the following (several 4) formula.

$$XL = Z - \tan [(N - M) - \text{theta}] \quad (\text{several 4})$$

However, the turn from the left end of a window that the body was detected, as for N , and M show the turn from the left end of the window on an optical axis. For example, when 10 [a left end to the 10th (the 10)] and the detection body of M are precedence vehicles in the case of drawing 5 , N is 7 [a left end to the 7th (the 7)]. In addition, when $XL < 0$ has a body on the right of an optical axis, $XL > 0$ shows the time of being in left-hand side. Moreover, the unit of Distance Z and the longitudinal direction position XL is m.

[0032] Since the left end of the precedence vehicle whose distance Z the direction of an optical axis is an angle (10), and is $L1$ is picturized by the angle (7) in the case of the example of drawing 5 , the longitudinal direction position $x1$ from the optical axis at the left end of this precedence vehicle is $x1 = L1$ and $\tan[(7 - 10) - \text{theta}] = -L1$, and $\tan(3\text{theta})$.

It comes out. Moreover, since the tree of the left whose distance is $L2$ is picturized by the angle (3), a lateral position is $x2 = L2$ and $\tan[(3 - 10) - \text{theta}] = -L1$, and $\tan(7\text{theta})$.

It comes out. The distance calculation means 10 of drawing 9 shows the above-mentioned contents of an operation. In addition, the form of the after-mentioned 4th operation explains how to perform distance calculation to high degree of accuracy more.

[0033] As explained above, in the form of the 2nd operation, the position whose front shell value created with the form of the 1st operation is more than a threshold is detected, and distance is computed based on the parallax of the position, and it constitutes so that a lateral (horizontal) position may be calculated based on the direction of the position, and the found distance. Therefore, both the distance to a body and a lateral position are calculable after body detection only by the few time and effort of triangulation and the proportion using the position of a table. Moreover, since distance and a position can be calculated only by giving same calculation in the position more than the threshold of front Naka, without scanning the whole picture again even when there are two or more bodies, objective distance and measurement of a position can be performed at high speed.

[0034] (Form of the 3rd operation) Drawing 10 is the block diagram showing the form of operation of the 3rd of this invention. In addition to the composition of aforementioned drawing 9 , the form of this operation establishes the brightness distribution calculation means 11, the distributed judgment means 12, the degree storing means 13 of similar, the difference calculation means 14, and the judgment means 15, and prepares the function to prevent incorrect detection of an obstruction.

[0035] Drawing 11 is drawing for explaining the function to prevent objective incorrect detection.

drawing 11 (A) When a star type figure as been drawing showing the picture of each window set up on the processing-object picture and shown in drawing 11 (B) is picturized The window where (a) of drawing 11 (A) has a plain window (portion without the picturized figure), and (b) has an edge only in the direction parallel to parallax, the window in which (c) has an edge, and (d) show the window containing a noise. and the graph shown under each figure in (a) - (d) -- difference -- the difference for which searched for parallax and it asked for every (parallax) pixel by matching -- a value -- a vertical axis -- difference -- they are graph-ized, using a value and a horizontal axis as parallax, and the state of asking for a matching position (difference position [of the value minimum] = position of the maximum [degree / of similar]) is expressed by looking for the minimum value from the graph

[0036] moreover, (a) - (d) which defined drawing 11 (B) on the picture -- it is drawing showing the positions of each window, and those defined scanning zones of a window Moreover, drawing 11 (C) is drawing showing the state of asking for the brightness distribution on one line cut in the parallax direction by two or more places, in each window (a) - (d). Moreover, drawing 11 (D) is drawing showing physical relationship when the object picturized with two cameras and its object are picturized on a picture.

[0037] In addition, the above-mentioned difference is total of the brightness difference for every pixel of a criteria picture and the picture of another side, and the degree of similar serves as size, so that difference is small. Usually, the degree of similar and difference are expressed with the following formula.

$$\begin{aligned} \text{類似度} &= \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}} \leq 1 \\ \text{差分} &= \sum |x - y| \leq \text{画像の大きさ} \times \text{輝度の最大値} \end{aligned}$$

In addition, for x, in an upper formula, the brightness of a criteria picture (picture A) and x are [the brightness of the picture (picture B) of another side and y of the average of x and y] the averages of y.

[0038] When two cameras are installed so that the same line of an image pck-up side may be located in a line on the same straight line as shown in aforementioned drawing 2 , the matching position on a mutual picture gets on the same line. It asks by performing 1 pixel of search of a similar picture at a time with staggering in the parallax direction on the same line from this, as shown in drawing 11 . and the parallax of the window -- this operation -- setting -- most -- difference -- it asks as a difference of the position where the picture judged that a value is low exists, and the position which defined the window of a criteria picture Moreover, when a right picture is made into a criteria picture, the matching position with the window defined on the right picture becomes on a left picture on the right of the position which defined the window by the right picture, as shown in drawing 11 (D). That is, parallax serves as a gap from the starting point of a scan to a matching position that what is necessary is just to scan the search range of a picture rightward from the position which defined the window by the right picture. The example of drawing 11 came to have shown to the graph of (c) of drawing 11 (A).

[0039] as mentioned above, the difference which asked for drawing 11 (A) for every pixel in each of four windows -- the relation between a value (difference of a criteria picture and the picture which asked for difference), and parallax (difference of the position of a criteria picture and the picture which asked for difference) -- a graph ---izing --- difference -- the case of matching -- difference -- the position of the minimum [value] turns into highest position of the degree of similar However, as shown in (a) of drawing 11 (A), since difference becomes being a plain picture with the same value in every position, also in a window, neither of search range of a window can also determine parallax, for example. Since there is a small noise also in such a window, although the difference of a value which is different in each position will be called for and the position of the minimum value will

also be called for by the real picture, since it is not that to which this position detected objective parallax in such a case, if this parallax is used for body detection, it will become the cause of incorrect detection. moreover -- although the edge considered to be objective [some] is picturized in the window which has only an edge parallel to parallax as shown in (b) of drawing 11 (A) -- (a) -- the same -- difference -- since a value is in a scanning zone and is the same value altogether, the parallax searched for has high possibility of not being exact That is, since the parallax searched for has high possibility of becoming the cause of incorrect measurement case, as shown in the above (a) and (b), it can be said that parallax should not be searched for.

[0040] Hereafter, the method of removing the factor of the above incorrect detection is explained. Drawing 11 (C) is drawing showing the state where it asked for the brightness distribution on the side of one line cut in the parallax direction in each window by two or more places. Brightness distribution of the window beside [which was cut by parallax and parallel] one line serves as a value small [both] also in the window of solid color as shown in (a) also in the window which has an edge only in the direction parallel to parallax as shown in (b). On the contrary, as shown in (c), in the window which can compute parallax, distribution becomes large.

[0041] Moreover, if the brightness distribution in [whole] a window is calculated, although distribution will become small in the window of the solid color of (a), distribution of the window of (b) will become large. However, if the distribution beside one line is computed as shown in drawing 11 (C), since distribution becomes small, both (a) and (b) can detect correctly the window where parallax calculation is unsuitable. Thus, if it judges whether it is appropriate to search for parallax based on the sum total or the average of distribution on [of two or more places] one line before matching, the window of incorrect detection can be removed and computational complexity can be cut down simultaneously.

[0042] moreover, the difference which showed calculation of parallax to drawing 11 (A) -- in order to carry out by looking for the position of the minimum value from the graph of a value, the certainty of the parallax searched for will become low like the picture in which the value near the minimum value has only an edge with what [parallel to a plain window or the parallax direction] is seen by two or more places although the distribution for which it asked by the method of above-mentioned drawing 11 (C) becomes large by the picture which has a noise as shown in (d) of drawing 11 (A) -- difference -- since the value very near the minimum value is calculated by two or more places, the graph of a value is difficult for concluding parallax from the inside the difference called for temporarily -- possibility that this position is an incorrect correspondence position also considering the value minimum position as parallax is high Therefore, it is better not to search for parallax in such a case. Therefore, the following methods are used.

[0043] the difference for which is in a scanning zone and it asked as shown in drawing 11 (A) -- the average of a value, and the minimum in it -- difference, if a value is calculated the whole difference -- when the value near the minimum value among values appears mostly, the difference of the average of difference and the minimum value of difference which are matching within the limits and were calculated becomes small -- That is, when the difference of these two values is smaller than a certain threshold, it can be judged that the parallax searched for in the window is high corresponding to incorrect. Therefore, the parallax judged that the possibility dealing with incorrect is high in the above-mentioned judgment can make objective detection more reliable, if it is made not to use for the vote to the table which is next processing. In addition, although it has taken difference along the vertical axis, the graph of above-mentioned drawing 11 (A) is judged to be incorrect correspondence, when the degree of similar of the inverse number of difference is taken and the difference of the maximum of the degree of similar and the average of the degree of similar is smaller than a predetermined threshold.

[0044] As mentioned above, since the possibility of incorrect correspondence is high when the difference (difference of the maximum of the degree of similar and the average of the degree of similar) of the average of difference and the minimum value of difference which the brightness

distribution on the side of one line cut in the parallax direction in each window is matching within the limits, and calculated in each line when small is small, body detection can be made more reliable by making it not use the parallax searched for in the window.

[0045] In the form of the 3rd operation, the distribution for every above-mentioned side of one line is computed with the brightness distribution calculation means 11, and the above-mentioned distribution judges whether it is size from a predetermined threshold with the distributed judgment means 12. And only when distribution is more than a threshold, parallax by the parallax calculation means 6 is computed. moreover, the degree storing means 13 of similar -- the degree of similar in a scanning zone (difference value) -- storing -- the difference calculation means 14 -- (of the degree of similar -- maximum-average: -- difference -- in the case of a value, average-minimum value) is calculated, and the above (maximum-average) judges whether it is more than a predetermined threshold with the judgment means 15, and it constitutes so that vote in the following vote means 8 may be performed only in more than a threshold

[0046] difference [in / the window which cannot compute parallax / since the method of asking for distribution of the parallax direction in a window is used as pretreatment of matching processing of the parallax calculation in every window in the form of the 3rd operation as explained above] -- since calculation is omitted, processing becomes high-speed In addition, in order not to compute the parallax in the difficult window of matching, the reliability of the body detection which is after treatment improves.

[0047] Moreover, it responds to the size of the difference of the average of the difference for every pixel in the scanning zone for which it asked in the window which computed parallax in order to determine the parallax, and the position where difference is the lowest. The reliability of the parallax searched for is judged, in order to take the method of not using for the vote to a table what has low reliability, i.e., parallax with the high possibility of incorrect detection, incorrect detection decreases and the reliability of body detection improves.

[0048] (Form of the 4th operation) Drawing 12 is the block diagram showing the form of operation of the 4th of this invention. In the composition of aforementioned drawing 10 , the form of this operation changes the contents of a vote means and a distance calculation means, and prepares the function which high-degree-of-accuracy-izes objective detection and the value of the computed distance. In drawing 12 , 16 shows a vote means and 17 shows a distance calculation means.

[0049] First, highly precise-ized processing of body detection is explained. Drawing 13 is drawing for explaining highly precise-ized processing of the body detection by the vote method. The result which left only the parallax of the high window of certainty by the method explained by drawing 11 is used. In case its vote is cast to the table for vote shown in drawing 7 , it is drawing showing the state of adding a low value to the position which adjoins the position in a high value in the corresponding position based on the direction and parallax of a window which detected parallax.

[0050] Since there is a quantization error in a digital image, it occurs mostly that 1 pixel of parallax differs also in two windows cut on the body in the same distance. Since the edge used as the criteria of parallax calculation serves as only an objective profile when the interior makes a plain body applicable to detection like a precedence vehicle especially, such a thing happens mostly. In addition, since calculation of parallax can do only the window where, as for a plain body, the interior contains the profile, the same parallax is not detected as a lump, and although the edge is the window which has detected the same body to a picture in being slanting, the same parallax is not detected in the window of the same direction. Thus, by the simple vote method shown in drawing 7 , if the values of the parallax which should originally become the same differ, since the values of parallax differ in each direction (window located in a line on the same x-coordinate) and the same value is not detected continuously, a body is undetectable. Therefore, it is made to cast its vote for the part which does not vote one vote but corresponds to the corresponding part simply, and its contiguity part in drawing 13 . In the example shown in drawing 13 , by (8), an angle puts three votes into the above-mentioned part, when parallax votes for the part of "15", it puts two votes into the

part of the upper and lower sides, respectively, and votes for a part on either side, respectively. thus, mutual, when carrying out, and the difference in the parallax by the quantization error can be mutual-boiled, and can be made to reflect and the same parallax is detected in a ***** window -- since vote in which resembled and that was made to reflect can be performed, and the interior is solid color, for example, it can prevent un-detecting [of the body which cannot search for parallax easily]

[0051] Next, highly precise-ized processing of distance calculation is explained. Drawing 14 is drawing showing the graph which added the average of difference, and drawing 14 (A) is drawing having shown the window which was able to search for parallax on the picture. In the window which voted drawing 14 (B) for the part which showed the value more than the threshold of front Naka the difference for every pixel for which it asked at the time of matching -- the difference for which it asked in the position for $L/2$ pixel of right and left of the position called for as parallax of the window into the graph and graph of a value -- it is drawing having shown the graph (average of the value which all came out and was calculated in the position for L pixels) of the average of a value

[0052] As mentioned above, the distance to the body detected by the table of drawing 7 is calculable by substituting the lengthwise position (parallax) of front Naka for the aforementioned (several 1) formula. However, since the parallax searched for from a table is an integer unit, its range accuracy is bad. objective parallax -- difference -- the portion to which a value becomes the smallest -- it is -- this difference -- the value is carrying out the configuration near the secondary curve which makes extremal value the position near the parallax searched for as an integer so that the graph of drawing 14 might also show That is, parallax can be searched for in a finer unit by searching for parallax as extremal value of this secondary curve. Furthermore, since objective parallax is searched for in two or more windows which start on a body here, the difference for every pixel in the scanning zone for which it asked in all these windows -- by asking for the average of a value and making into parallax the position which takes the extremal value at the time for the graph of the average the bottom wholly as a secondary curve The parallax in which the result of all the windows that detected the body was made to reflect can be computed now, and a more exact and highly precise distance can be computed now. In addition, although the case where a secondary curve was resembled was illustrated in the above-mentioned example, it may not restrict to this and a higher order curve may be resembled.

[0053] In the form of operation of drawing 12 , in the vote means 16, highly precise-ized processing of the body detection explained by drawing 13 is performed, and highly precise-ized processing of the distance calculation explained by drawing 14 is performed with the distance calculation means 17.

[0054] Since the method of adding a low value also to the frame of the circumference was taken in the form of the 4th operation at the time of the vote to a table as explained above, it becomes easy to detect the body detected as that from which parallax differs by 1 pixel by the quantization error etc. in spite of being in the same distance as the same body. Moreover, since a crotch can make a value reflect [edge / characteristic / objective] a ** case etc. in the next window comrade in the window of two *****, objective detection becomes certain.
 [0055] Moreover, in case the distance of the body discovered in front Naka is calculated, the average of the difference in all the windows used as the basis added to the position which is more than the threshold of front Naka for which it asked for every parallax is calculated. Since the position where it considers that the made curve is a secondary curve, and the curve serves as extremal value is made into parallax when a vertical axis is made into the average and a horizontal axis is made into parallax, it becomes possible to search for the parallax searched for only per pixel per small number, and it can compute distance to high degree of accuracy more.

[0056] (Example) Next, the example which measures the distance to two trees which are ahead [road], and a precedence vehicle, and the position of those longitudinal directions is explained using the form of the 1st explained until now -- the 4th operation. Here, as shown in aforementioned

drawing 2 , the stereoscopic camera arranged so that the optical axis of two cameras may become parallel and the y-axis of two cameras may get on the same line will be used.

[0057] Drawing 15 is the flow chart of the processing in this example. In drawing 15 , initial setting is first performed at Step S100. In this initial setting, the table for value storing used while processing, before inputting a new picture is cleared. the difference for which it asked for every window as shows the table which performs initial setting here to drawing 16 -- they are a table for storing a value (the after-mentioned step S104 explaining), and a table for storing the parallax searched for for every window as shown in drawing 17 In addition, in the table for parallax storing shown in drawing 17 (C) and (D), what is indicated to be “-1” is a flag which shows that parallax is not searched for, and shows the state (all parts are set as “-1”) where drawing 17 (C) initialized.

[0058] Next, a picture input is performed at Step S101. Here, Picture A and Picture B of aforementioned drawing 2 are inputted. Next, Step S102 defines a window on one of pictures (setup). As shown in aforementioned drawing 4 here, ten pieces are defined perpendicularly and 20 windows [a total of ten x20] are defined horizontally.

[0059] Next, in Steps S103-S106, parallax is detected in all the defined windows and the result is voted to a table. First, a distributed check is performed at Step S103. That is, in the window of the first processing object, processing explained by drawing 11 (C) is performed. the case where it shifts to processing of the next window, without carrying out anything when the distribution for which it asked by this method is below a threshold, and distribution is more than a threshold -- Step S104 -- difference -- parallax is computed by performing matching processing This matching processing is the processing explained by aforementioned drawing 11 (B). the difference for every pixel for which it asked at this time -- since a value is used by the reliability judgment (Step S105) of parallax and the highly precise-sized processing (Step S110) of parallax which are performed behind, it stores in the table of drawing 16 for every window In addition, the step to store omitted illustration.

[0060] next, at Step S105, in order to investigate the certainty of the computed parallax, it asked in the window -- all -- difference -- the average of a value, and the minimum -- difference -- a difference with a value is searched for and the difference judges whether it is more than a predetermined threshold This processing is the processing explained by aforementioned drawing 11 (A). In this judgment, after performing vote to a table at Step S106 with [the difference of the average and the minimum value] a threshold [more than], it moves to processing of the next window, and when smaller than a threshold, it moves to processing of the next window, without performing vote to a table. Moreover, since the parallax searched for in each window is used by highly precise-sized processing of parallax, the table for parallax storing of the same size as the number of the windows defined in all directions on a picture is prepared, and when the high parallax of certainty is searched for, the parallax searched for in the window is stored in the position where it corresponds in a table. It is the table after drawing 17 (D) stores parallax. In addition, the step to store omitted illustration.

[0061] In the above-mentioned step S106, whichever of the method of aforementioned drawing 7 and the method of aforementioned drawing 13 may be used for the method of the vote to a table when positive parallax is searched for. However, it is more desirable to use the method of drawing 13 , since the interior of vehicles is solid color and parallax detection can do only a profile in many cases, when objects are vehicles. Vote performs same processing in all the windows in which parallax was detected.

[0062] A position with the value more than the front shell threshold for vote is searched after the vote end of the parallax searched for in all windows. Drawing 18 shows the situation of the table after the result by which the parallax used for vote was detected, and the vote end when casting one's vote based on it. If a body is large to some extent, the position more than a threshold will be detected together with width.

[0063] Next, Steps S107-S109 explain the processing which detects a body and the becoming body, separating the front shell body of drawing 18 . First, at Step S107, the table of drawing 18 is made

binary with a certain threshold. The above-mentioned threshold can be experientially decided with the height of the body made applicable to detection. Next, at Step S108, labeling of the table after binary-izing is carried out. The common practice performed by investigating connectivity is enough as labeling. The number of labels of front Naka after labeling is the detected number of bodies, and the lengthwise position which detected the label is parallax. Drawing 19 (B) shows the result which carried out labeling. Next, at Step S109, a body is detected from the result which is shown in above-mentioned drawing 19 (B) and which carried out labeling. In addition, although only the left end and right end of a precedence vehicle whose number is one may be detected separately and may be detected as two labels as shown in drawing 19 (B), such a case is in the same distance and can be judged as one body from information, such as carrying out the same movement.

[0064] Next, how to ask for the distance and the position of the detected body is explained. First, at Step S110, highly precise-ized processing of parallax is performed by the method explained by aforementioned drawing 14. The procedure is explained. Drawing 20 shows the example of processing which performs highly precise-ization of the parallax to the body, when the body of parallax "15" is detected in a lateral (7) position. First, the window voted there is looked for from the label view [the same as drawing 19 (B)] shown in drawing 20 (A). As shown in drawing 20 (B), search of the window voted for the detected label can scan the train in the position of the same longitudinal direction as the detected label perpendicularly using the table which stored the parallax for every window of drawing 16, and can be performed by searching the position where the same parallax as a detection body is stored. Next, the difference for every pixel for which it asked in these windows -- it asks for the average of a value the difference for every pixel in the window which searched for parallax -- the difference of the corresponding window as for which drawing 16 carried out front shell detection using the table since the value was stored in the table shown in aforementioned drawing 17 -- all values are added, and the average can be calculated if it divides by the number of the window Drawing 20 (C) graph-izes this average. In this graph, it considers that within the limits of the curve near [for which it asked in the window under processing] parallax (here 15), i.e., L of drawing 20 (C), is a secondary curve, and let the position (here 14.4) where the curve serves as extremal value be parallax.

[0065] Next, at Step S111, the distance of a detection body is found using the parallax searched for. The distance to a body can compute the parallax searched for by pre- processing by substituting for the aforementioned (several 1) formula. Moreover, the distance of the longitudinal direction to an objective optical axis can be found by substituting for the aforementioned (several 4) formula the number of the longitudinal direction of the window which detected an above-mentioned distance and an above-mentioned body. It can ask for the distance and the position of two or more bodies which were picturized ahead by giving about all the bodies that detected this processing from the table.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The block diagram showing the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 2] Drawing explaining the principle which finds the distance from a camera to the candidate for detection by the principle of triangulation using a stereo picture.

[Drawing 3] Drawing for explaining how converting the focal distance f as which a unit is expressed in mm into the value whose unit is a pixel.

[Drawing 4] Drawing showing the result which searched for the parallax for every position to which both the pictures in a stereo picture correspond.

[Drawing 5] Drawing having shown the angle picturized in the window defined on the picture with a precedence vehicle and the physical relationship of two trees of the width to two cameras when a picture was picturized with a camera.

[Drawing 6] It is drawing having shown the table for vote which took parallax to lengthwise and took the angle in the longitudinal direction, and a left picture and (B) show a right picture, and, as for (A), (C) shows the table for vote.

[Drawing 7] It is drawing showing signs that its vote is cast for the position in corresponding front Naka based on the position of the longitudinal direction of the parallax searched for in a certain window on a depth map, and its window, and in (A), a right picture and (B) show the table of parallax, and (C) shows the table for vote.

[Drawing 8] It is drawing showing the result which performed vote in all windows, and in (A), a right picture and (B) show the table of parallax, and (C) shows the table for vote.

[Drawing 9] The block diagram showing the gestalt of operation of the 2nd of this invention.

[Drawing 10] The block diagram showing the gestalt of operation of the 3rd of this invention.

[Drawing 11] It is drawing for explaining the function to prevent incorrect detection of an obstruction. (A) Drawing showing the picture of each window set up on the processing-object picture and (B) set drawing showing the positions of each window defined on the picture, and those defined scanning zones of a window, and (C) in each window. Drawing showing the state of asking for the brightness distribution on one line cut in the parallax direction by two or more places, and (D) are drawing showing physical relationship when the object picturized with two cameras and its object are picturized on a picture.

[Drawing 12] The block diagram showing the gestalt of operation of the 4th of this invention.

[Drawing 13] Drawing for explaining highly precise-ized processing of the obstruction detection by the vote method.

[Drawing 14] the difference for every pixel which is drawing showing the graph which added the average of difference, and asked for drawing having shown the window where (A) was able to search for parallax on the picture, and (B) at the time of matching -- the graph of a value, and difference -- drawing having shown the graph of the average of a value

[Drawing 15] The flow chart which shows the flow of the processing in one example of this

invention.

[Drawing 16] the difference for which it asked for every window -- drawing showing the table for storing a value

[Drawing 17] Drawing showing the table for storing the parallax searched for for every window.

[Drawing 18] Drawing showing the situation of the table after the result by which the parallax used for vote was detected, and the vote end when casting one's vote based on it.

[Drawing 19] Drawing showing the result which carried out labeling.

[Drawing 20] Drawing showing the example of processing which performs highly precise-ization of the parallax to the body when the body of a certain parallax is detected in the position of a certain longitudinal direction.

[Description of Notations]

1 Two -- Camera of an electronic formula 3 Four -- Image memory

5 -- Window setting means 6 -- Parallax calculation means

7 -- Table of the degree of parallactic angle 8 -- Vote means

9 -- Body detection means 10 -- Distance calculation means

11 -- Brightness distribution calculation means 12 -- Distributed judgment means

13 -- The degree storing means of similar 14 -- Difference calculation means

15 -- Judgment means 16 -- Vote means

17 -- Distance calculation means 20 -- Detection object

21 22 -- Camera 23 -- Precedence vehicle

24 25 -- Tree 30 -- Operation part

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-345336

(43)公開日 平成11年(1999)12月14日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 6 T 7/00
G 0 8 G 1/16

識別記号

F I

G 0 6 F 15/62
G 0 8 G 1/16

4 1 5

A

審査請求 未請求 請求項の数6 O.L (全26頁)

(21)出願番号

特願平10-154625

(22)出願日

平成10年(1998)6月3日

(71)出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72)発明者 下村 倫子

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(74)代理人 弁理士 中村 純之助 (外1名)

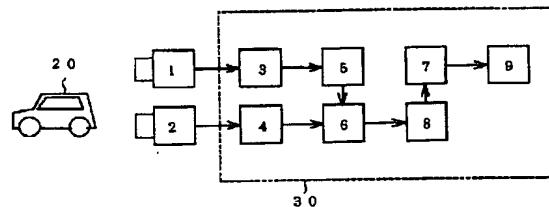
(54)【発明の名称】 障害物検出装置

(57)【要約】

【課題】検出対象の形状や色および背景色にかかわらず確実に障害物の位置を検出することの出来る障害物検出装置を提供する。

【解決手段】車両に搭載された二つの電子式カメラによるステレオ画像全体にウインドウを設定し、設定したウインドウ毎に視差を求める。そして、前方に物体が存在するとその方向に同じ視差の値を示すウインドウが固まることを利用し、表の縦横の項目が画像上に設定したウインドウの水平方向の位置(光軸からの角度)と視差とからなる表を作り、ウインドウ毎に求めた視差に応じて、その表の対応する位置に所定値を加算する操作を全ウインドウにおいて行い、その結果の表中から値の高い位置を物体として検知するように構成した。この方法によれば、検出物体の個数や検出対象物の形や色にかかわらず、同じ処理で同時に複数物体を検出することが可能になる。

(図1)



1、2…電子式のカメラ 3、4…画像メモリ
5…ウインドウ設定手段 6…視差算出手段
7…視差・角度の表 8…投票手段
9…物体検出手段 2 0…検出対象物
3 0…演算部

【特許請求の範囲】

【請求項1】車両に搭載された二つの電子式カメラからなり、両カメラが共に車両前方または後方に向けて相互に光軸が平行で、かつ撮像面の水平軸が同じライン上に揃うように設置されたカメラと、上記両カメラが撮像した映像信号をデジタル画像として一時的に記憶するメモリと、一方のカメラの画像を所定の大きさのウインドウ領域毎に分割するウインドウ設定手段と、上記の各ウインドウ毎に、当該ウインドウの画像と他方のカメラの画像との類似度を算出し、当該ウインドウと他方のカメラで最も類似度の高かった画像位置との位置の差を検出することにより、各ウインドウ毎の視差を求める視差算出手段と、上記各ウインドウにおける光軸からの水平方向の角度と視差の値とを横軸と縦軸とに対応させた表と、上記各ウインドウ毎の水平方向の角度と当該ウインドウにおける視差の値とに対応した上記表の該当する位置に、所定値を加算する投票手段と、上記投票後の表中の値が所定のしきい値以上の位置を検出することにより、車両前方または後方に存在する物体を検出する物体検出手段と、を備えたことを特徴とする障害物検出装置。

【請求項2】上記物体検出手段で求めた位置における視差の値に基づいて上記カメラから上記検出した物体までの距離を求め、かつ、上記表中における上記検出した物体が存在する水平方向の角度と上記の求めた距離とにに基づいて、上記カメラの光軸から上記検出した物体までの水平方向の距離を算出する距離算出手段を備えたことを特徴とする請求項1に記載の障害物検出装置。

【請求項3】上記距離算出手段は、上記視差算出手段の処理において各ウインドウで求めた走査範囲内の画素毎の類似度について、各ウインドウ毎に求めた類似度の平均値を求め、横軸を両カメラの画像の位置の差、縦軸を類似度の平均値としたグラフにプロットした際の曲線を2次曲線とみなし、その曲線が極値となる位置を求め、その極値となる位置の値を視差とするものである、ことを特徴とする請求項2に記載の障害物検出装置。

【請求項4】上記ウインドウ設定手段で設定した各ウインドウにおいて、当該ウインドウ内の水平方向の1ライン上の輝度の分散値を、複数のラインについて求める輝度分散算出手段と、上記複数のラインで求めた1ライン毎の輝度分散値の平均値または加算値が所定のしきい値以上か否かを判断する分散判断手段と、を備え、上記所定のしきい値以上であるウインドウについてのみ上記視差算出手段以降の処理を行なうように構成した、ことを特徴とする請求項1乃至請求項3の何れかに記載の障害物検出装置。

【請求項5】上記視差算出手段の処理において各ウインドウで求めた走査範囲内の画素毎の類似度を格納する類

似度格納手段と、各ウインドウ毎に走査範囲内で求めた全類似度の平均値とその走査範囲内の最も類似度の大きい値との差を求める差算出手段と、上記差の値が所定のしきい値以上か否かを判断する判断手段と、を備え、上記差がしきい値以上であったウインドウで求めた視差のみを上記投票手段以降の処理に用いるように構成した、ことを特徴とする請求項1乃至請求項4の何れかに記載の障害物検出装置。

【請求項6】上記投票手段は、上記各ウインドウ毎の水平方向の角度と、当該ウインドウにおける視差の値とに対応した上記表の該当する位置には所定値を加算し、その周囲には上記所定値よりも小さな値を加算するように構成したものである、ことを特徴とする請求項1乃至請求項5の何れかに記載の障害物検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ステレオ画像処理を用いて、障害物や背景の色に左右されずに前方の障害物を検知し、その障害物までの距離とその障害物の水平方向の位置（光軸からの距離）を求める技術に関し、例えば自動車用の障害物検知装置、速度制御装置、ブレーキ制御装置、自動操舵装置等に応用される技術である。

【0002】

【従来の技術】従来の障害物検出方法としては、例えば、特開平3-269211号公報に記載されたものがある。この方法は、検出対象を先行車としたものであり、先行車の特徴である左右の対象性および輝度ヒストグラムの高い位置を発見することで先行車の有無を判断し、その位置においてステレオマッチングを行なうことで先行車までの距離を求めるものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来例の方法においては、車両の特徴である左右対称性を利用して、車両以外の障害物を検知するのが困難であるという問題があった。また、輝度のヒストグラムを利用するため、検知能力が障害物およびその背景の色に左右されるという問題があった。

【0004】本発明は上記のごとき従来技術の問題を解決するためになされたものであり、検出対象の形状や色および背景色にかかわらず確実に障害物の位置を検出することの出来る障害物検出装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明においては、特許請求の範囲に記載するように構成している。まず、請求項1に記載の発明においては、ステレオ画像全体にウインドウを設定し、設定したウインドウ毎に視差（光軸が平行で、所定間隔を隔てて設置された二つのカメラA、Bで一つの物体を撮像した

場合に、それぞれのカメラに写った画像の位置の差）を求める。そして、前方に物体が存在するとその方向に同じ視差の値を示すウインドウが固まることを利用し、表の縦横の項目が画像上に設定したウインドウの水平方向の位置（光軸からの角度）と視差とからなる表を作り、ウインドウ毎に求めた視差に応じて、その表の対応する位置に所定値を加算する処理（投票）を全ウインドウにおいて行い、その結果の表中から値の高い位置を物体として検知するように構成したものである。この方法によれば、検出物体の個数や検出対象物の形や色にかかわらず、同じ処理で同時に複数物体を検出することが可能になる。なお、上記の構成は例えば後記第1の実施の形態に相当する。

【0006】次に、請求項2に記載の発明においては、上記の物体を求めた位置における視差の値に基づいて上記カメラから上記検出した物体までの距離を求め、かつ、上記表中における上記検出した物体が存在する水平方向の角度と上記の求めた距離に基づいて、上記カメラの光軸から上記検出した物体までの水平方向の距離を算出するように構成している。視差の値はカメラから物体までの距離に対応するので、三角測量の原理で距離の値を求めることが出来る。なお、上記の構成は例えば後記第2の実施の形態に相当する。

【0007】次に、請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の距離の算出をより精密に行なうものであり、視差の算出処理において、各ウインドウ毎に求めた類似度の平均値を求め、横軸を両カメラの画像の位置の差、縦軸を類似度の平均値としたグラフにプロットした際の曲線を2次曲線とみなし、その曲線が極値となる位置を求め、その極値となる位置の値を視差とするように構成したものである。このように構成することにより、視差の値を少数点以下の値まで算出することが出来、それだけ高精度の距離算出を行なうことが出来る。なお、上記の構成は例えば後記第4の実施の形態の一部に相当する。

【0008】次に、請求項4に記載の発明においては、ウインドウ毎における視差算出のマッチング処理の前処理として、ウインドウ内の視差方向の分散を求める方法を用いているので、視差の算出が困難なウインドウにおける差分計算を省略できるので処理が高速になる。加えて、マッチングの困難なウインドウにおける視差を算出しないため、後処理である物体検知の信頼性が向上する。なお、上記の構成は例えば後記第3の実施の形態の一部に相当する。

【0009】次に、請求項5に記載の発明においては、視差を算出したウインドウにおいて、その視差を決定するために求めた走査範囲内における各画素毎の類似度の平均値と最も類似度の高い位置との差の大小に応じて、求められた視差の信頼性を判断し、信頼性の低いもの、つまり、誤検知の可能性の高い視差を表への投票に用いないように構成したものである。この構成により、誤検

出が減り、物体検知の信頼性を向上させることが出来る。なお、上記の構成は例えば後記第3の実施の形態の一部に相当する。

【0010】次に、請求項6に記載の発明においては、表への投票の際、その周囲の枠にも低い値を加算するよう構成したことにより、量子化誤差などにより、同じ距離に存在するにもかかわらず視差が1画素分だけ異なるものとして検出された物体を同じ物体として検出しやすくなる。また、障害物の特徴的なエッジが隣合う二つのウインドウに股がる場合なども隣のウインドウ同志に値を反映させることができるため障害物の検知が確実になる。なお、上記の構成は例えば後記第4の実施の形態の一部に相当する。

【0011】

【発明の効果】本発明によれば、検出物体の個数や検出物体の形や色にかかわらず、同じ処理で同時に複数物体を正確に検出することが可能になる、という効果が得られる。また、請求項2においては、カメラから検出物体までの距離とカメラの光軸から検出物体までの水平方向の距離を算出することが出来る。また、請求項3においては距離の算出をより高精度に行なうことが出来る。また、請求項4においては物体検知の信頼性が向上すると共に処理を高速化することが出来る。また、請求項5および請求項6においては誤検出を減少させ、物体検知の信頼性を向上させることが出来る、という効果が得られる。

【0012】

【発明の実施の形態】（第1の実施の形態）図1は第1の実施の形態の構成を示すブロック図である。図1において、1および2は電子式のカメラであり、自車の前部に前方を向いて設置されており、両カメラの光軸は相互に平行で、かつ撮像面の水平軸が同じライン上に揃うように設置されている。なお、車両の後部に後方を向けて設置し、車両後方の障害物を検出するように構成することもできる。20は自車の前方に存在する障害物等の検出対象物であり、図1では先行車を例示している。30は演算部であり、例えばCPU、RAM、ROM等からなるマイクロコンピュータで構成される。演算部30において、3、4はそれぞれカメラ1、2から入力した画像信号を記憶する画像メモリである。また、5～9は演算部30における演算内容をブロックで示したものであり、5はウインドウ設定手段、6は視差算出手段、7は視差・角度の表、8は投票手段、9は表7から所定のしきい値以上の位置を検出することによって車両前方の物体を検出する物体検出手段である。演算部30内のこれらの各手段については詳細を後述する。

【0013】図2は、ステレオ画像を用いて三角測量の原理でカメラから検出対象までの距離を求める原理を説明する図である。図2においては、カメラA（前記カメラ1に相当）で撮像した画像を画像A、カメラB（前記

カメラ2に相当)で撮像した画像を画像Bで示し、検出対象の位置を点p(x, y, z)としている。

【0014】図2から判るように、焦点距離f、眼間距離(両カメラ間の距離)Dが既知であり、光軸が互いに平行な2台のカメラA、Bで撮像したステレオ画像にお

$$Z = f \cdot D / (x_a - x_b) = f \cdot D / S \quad \dots \text{(数1)}$$

ただし、 $x_a - x_b = S$ は視差であり、図2のように、光軸が平行で、所定間隔を隔てて設置された二つのカメラA、Bで一つの物体を撮像した場合に、それぞれのカメラに写った画像の位置の差、すなわち画像Aにおける位置 x_a と画像Bにおける位置 x_b との差である。なお、この例では、眼間距離Dと距離Zの単位はm、焦点距離f、視差Sおよび位置 x_a 、 x_b の単位は画素である。例えばカメラA、BはCCDを用いたものであり、画素数を 640×480 とした場合、1画素の大きさは $10 \mu\text{m}$ 程度である。

【0016】上記(数1)式の焦点距離fは単位を画素として計算しているが、一般に、焦点距離fは単位がmmで表される場合が多い。それを単位が画素の値に換算するには、例えば、図3に示すように、大きさの判っている幅W(mm)の対象物を距離z(mm)離れたところにおいて撮像し、そのときに撮像される画像上での対象物の画素数wxをエッジ検出などの画像処理によって検出することにより、下記(数2)式で求めることができる。

$$f = z \cdot wx / W \quad \dots \text{(数2)}$$

ただし、wx、fの単位は画素、z、Wの単位はmmまた、上記の視差Sを検出するには、一方の画像(例えば画像B)上において点pが撮像されている点(x_b 、 y_b)に対応する他方の画像(例えば画像A)上の点(x_a 、 y_a)を検出する必要がある。その方法としては、画像B上の点(x_b 、 y_b)を含む或る範囲の画像(ウインドウ)と最も類似した範囲を画像A内から探すことで求めることができる。この類似度の算出には、画像間の差分法や正規化相関法などがある。

【0018】図4は、両画像の対応する位置毎の視差を求める結果を示す図であり、詳しくは、道路前方を撮像した画像において、一方の画像(例えば画像B)をウインドウ毎に切り、その全てのウインドウにおいて他方の画像(例えば画像A)からそのウインドウと最も類似度の高い画像の位置を求めてことで、両画像における対応する位置を検出し、それぞれの対応する位置から各ウインドウ毎の視差を求める結果を表したものである。図4において、(A)は左画像(画像Aに相当)、(B)は右画像(画像Bに相当)、(C)は視差の表、(D)は視差が「15」のウインドウ部分のみを抜き出した画像を示す。また、図4(B)、(C)の(1)~(20)は各ウインドウの水平方向(以下、横方向と記す)の位置を示し、横方向の角度に相当する(図5で詳述)。ただし、図においては(1)~(20)を丸付き数字で表している。ま

いて、2枚の画像間のマッチング位置 x_a 、 x_b を求めることできれば、カメラから対象物pまでの距離Zは下記(数1)式より求めることができる。

【0015】

$$D / S \quad \dots \text{(数1)}$$

た、一つのウインドウは幅(x方向の長さ)が x_w 、高さ(y方向の長さ)が y_w である。上記のように、各ウインドウ毎の視差が判れば、前記(数1)式を用いることによって、該当するウインドウに撮像されている物体までの距離を求めることができる。

【0019】以下、図4のようにウインドウ毎にその内部に撮像されている物体までの視差を求めた画像を“距離画像”と呼ぶことにする。このウインドウ毎に算出される視差は、当該ウインドウの内部に撮像されていてエッジなどの特徴的な部分を持つ物体までの距離に相当するから、一つの対象物が複数ウインドウに跨って撮像されていると、隣接するウインドウで同じ視差が求められる。例えば、道路前方を撮像した画像における距離画像の場合、先行車と、先行車が存在する真下の路面とは同距離なので、図4(D)に太線のウインドウで示すように、先行車の下部と同じy座標上にあるウインドウは先行車と同じ視差で算出される。例えば図4(C)の下から2行目に「15」が横方向に連続しているのが上記の部分に相当する。なお、図4(C)において、中央部分に視差「15」が集合している部分が先行車に相当し、(3)、(4)列に視差「19」が集合している部分が「左方の木」に相当し、(6)列に視差「5」が連続している部分が「中央の木」に相当する。

【0020】図5は、図4に示した画像をカメラで撮像したときにおいて、2台のカメラ21、22に対して、先行車23とその横の2本の木24(前記左方の木に相当)、25(前記中央の木に相当)の位置関係と、画像上に設定したウインドウの中に撮像される角度を示した図である。

【0021】また、図6は、縦方向に視差、横方向に角度[図4、図5の(1)~(20)]をとった視差・角度の表(以下、投票用の表と呼ぶ)を示した図であり、(A)は左画像、(B)は右画像、(C)は上記の投票用の表を示す。

【0022】また、図7は、距離画像上の或るウインドウで求めた視差とそのウインドウの横方向の位置に基づいて、対応する表中の位置に投票する様子をあらわした図であり、(A)は右画像、(B)は視差の表、(C)は投票用の表を示す。なお、この場合における「投票」とは、或る角度位置とそれに対応する視差の値の位置に、+1ずつ加算することを意味する。例えば角度(8)の位置に視差「15」が1個存在する場合には、図7(C)の角度(8)で視差「15」の位置に「+1」が加算される。図7(B)の例では、角度(8)の位置に視差

「15」が5個存在するから、最終的には角度(8)で視差「15」の位置に「5」が投票されることになる。

【0023】また、図8は、上記の投票を全てのウインドウにおいて行った結果を示す図であり、(A)は右画像、(B)は視差の表、(C)は投票用の表を示す。

【0024】図5から判るように、図4で設定したウインドウにおいて、横方向が同じ位置のウインドウは同じ方向を撮像したものである。また、図8から判るように、前方に物体が存在する場合、物体を検知している部分では同じx座標上の縦方向のウインドウは同じ視差が求められ、路面上に物体が存在しない場合では同じy座標上の横方向のウインドウで同じ視差が求められる。このような距離画像を用いて、図7に示した方法で表に投票を行なうと、同じ方向(同じx座標上)に同じ視差が並んでいると、その方向と視差への値への投票回数が多くなるため、その位置の値が高くなる。したがって、図8の表から値の高い位置を探すことによって前方の物体の有無を検知できる。図8に示す例では、角度(3)、(4)で視差「19」の部分(左方の木に相当)、角度(5)で視差「5」の部分(中央の木に相当)、角度(8)～(16)で視差「15」の部分(先行車に相当)で投票が集中し、値が高くなっている。

【0025】上記の方法では、表から探す値のしきい値の設定により、検知対象とする物体の高さも調整でき、かつ、対象物の形や色に関係なく、また、一つの物体の検出も複数物体の検出も同じ処理で行なうことが出来る。

【0026】図1に示した第1の実施の形態においては、上記の各機能を各手段として示したものであり、ウインドウ設定手段5で上記各ウインドウを設定し、視差算出手段6で上記視差を算出する。また視差・角度の表(投票用の表)7は上記図7(C)に相当し、投票手段8は、図7で説明した投票を行ない、物体検出手段9は図8(C)に示した表から所定のしきい値以上の位置を検出することによって車両前方に存在する物体を検出する。

【0027】以上説明したごとく、第1の実施の形態においては、前方に物体が存在すると、同じ方向に同じ視差を示すウインドウが固まることを利用し、定義したウインドウ毎に求めた視差をそのウインドウの横方向の角度に基づいて角度と視差からなる表中の対応する位置に値を加算し、全ウインドウにおいてその操作を行った結果の表中から値の高い位置を探すことにより、物体を検知するように構成している。そのため、複数の物体も一つの物体も同じ手法で検出することができ、検出対象や背景の色に左右されずに物体を検知できるようになる。また、白線や停止線などの路面表示は、同じ視差を示すウインドウが同じ方向に現れないため、路面表示と高さをもつ障害物とを誤検出することがなくなるという利点もある。加えて、距離画像だけを利用しているため、検

出対象の色や形状および背景色にかかわらず同様の処理で複数物体を検出できる。

【0028】(第2の実施の形態) 次に、図9は第2の実施の形態を示すブロック図である。これは前記図1において、物体検出手段9の後に距離算出手段10を設けたものであり、その他の部分は図1と同様である。距離算出手段10はカメラから検出物体までの距離と横方向の位置(光軸から対象物までのx方向の距離、例えば図5のx1、x2等)を算出する。前記第1の実施の形態で説明したように、図8(C)の表中から検知した位置(所定値以上の値を示す位置)は、その横軸と縦軸の値がその物体の視差と方向を表しているため、この値を用いることで物体までの距離と横方向の位置を求めることができる。

【0029】以下、その計算方法を説明する。まず、物体までの距離を求める。検出した物体までの距離は、前述した原理により、視差が検出できれば計算できる。したがって図8(C)で物体が検出された視差の値(前記「19」と「4」と「15」)を前記(数1)式のSに代入することにより、それぞれ「左方の木」、「中央の木」、「先行車」までの距離を求めることができる。

【0030】次に横方向の位置を求める。図5から判るように、(1)～(20)は各ウインドウ毎に撮像されるレンズ中心からの角度を表している。一つのウインドウ毎の角度θは幾何学的に下記(数3)式で求めることができる。

$$\theta = \tan^{-1}(x_w/f) \quad \dots \text{(数3)}$$

なお、x_wは一つのウインドウの横方向の大きさである。また、x_wおよびfの単位は画素である。

【0031】物体の横方向の位置XL(光軸上から物体までのx方向の距離)は、図5に示す位置関係にあるので、(数1)式で求めた距離と表の角度に基づいて、下記(数4)式で求めることができる。

$$XL = Z \cdot \tan[(N-M) \cdot \theta] \quad \dots \text{(数4)}$$

ただし、Nは物体が検出されたウインドウの左端からの順番、Mは光軸上のウインドウの左端からの順番を示す。例えば図5の場合には、Mは10〔左端から10番目の(10)〕、検出物体が先行車の場合はNは7〔左端から7番目の(7)〕である。なお、XL < 0は物体が光軸より右側にあるとき、XL > 0は左側にあるときを示す。また距離Zおよび横方向位置XLの単位はmである。

【0032】図5の例の場合には、光軸方向は角度(10)であり、距離ZがL1である先行車の左端は角度(7)に撮像されているので、この先行車の左端の光軸からの横方向位置x1は、

$$x1 = L1 \cdot \tan[(7-10) \cdot \theta] = -L1 \cdot \tan(3\theta)$$

である。また、距離がL2である左方の木は角度(3)に撮像されているので、横方向の位置は、

$$x_2 = L_2 \cdot \tan[(3-10) \cdot \theta] = -L_1 \cdot \tan(7\theta)$$

である。図9の距離算出手段10は上記の演算内容を示したものである。なお、距離算出手段より高精度に行なう方法については、後記第4の実施の形態で説明する。

【0033】以上説明したごとく、第2の実施の形態においては、第1の実施の形態で作成した表から値がしきい値以上である位置を検出し、その位置の視差に基づいて距離を算出し、その位置の方向と求めた距離に基づいて横方向（水平方向）の位置を計算するように構成している。そのため物体検知後、表の位置を用いた三角測量と比例計算という少ない手間だけで物体までの距離と横方向の位置との両方を計算できる。また、物体が複数ある場合でも、画像全体を再度走査することなく、表中のしきい値以上の位置において同様の計算を施すだけで距離と位置を計算できるため、物体の距離、位置の計測を高速に行なうことが出来る。

【0034】（第3の実施の形態）図10は本発明の第3の実施の形態を示すブロック図である。この実施の形態は、前記図9の構成に加えて、輝度分散算出手段1、分散判断手段12、類似度格納手段13、差算出手段14、判断手段15を設けたものであり、障害物の誤検知を防止する機能を設けたものである。

【0035】図11は物体の誤検知を防止する機能を説明するための図であり、図11（A）は、処理対象画像

$$-1 \leq \text{類似度} = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{(\sum (x - \bar{x})^2)} \sqrt{(\sum (y - \bar{y})^2)}} \leq 1$$

$$0 \leq \text{差分} = \sum |x - y| \leq \text{画像の大きさ} \times \text{輝度の最大値}$$

なお、上式において、 x は基準画像（画像A）の輝度、 \bar{x} は x の平均値、 y は他方の画像（画像B）の輝度、 \bar{y} は y の平均値である。

【0038】前記図2に示したように、二つのカメラを撮像面の同一ラインが同一直線上に並ぶように設置した場合、互いの画像上でのマッチング位置は同一ライン上にのる。このことから、類似画像の探索は図11に示したように同じライン上において視差方向に1画素ずつずらしながら行なうことで求められる。そしてそのウインドウの視差は、この操作において最も差分値が低いと判断された画像が存在する位置と基準画像のウインドウを定義した位置との差として求められる。また、右画像を基準画像とした場合、右画像上に定義したウインドウとのマッチング位置は、図11（D）に示すように左画像上では右画像でウインドウを定義した位置よりも右側になる。つまり、画像の探索範囲は、右画像でウインドウを定義した位置から右方向に走査すればよく、視差は走査の始点からマッチング位置までのずれとなる。図11の例では、図11（A）の（c）のグラフに示したようになる。

【0039】上記のように、図11（A）は四つのウイ

ンドウに設定した各ウインドウの画像を示す図であり、図11（B）に示すような星型の図形を撮像した場合に、図11（A）の（a）は無地のウインドウ（撮像された図形が無い部分）、（b）は視差と平行な方向にだけエッジを持つウインドウ、（c）はエッジをもつウインドウ、（d）はノイズを含むウインドウを示す。そして（a）～（d）において各図形の下に示したグラフは、差分マッチングによって視差を求め、各画素毎（視差）に求めた差分値を、縦軸を差分値、横軸を視差としてグラフ化し、そのグラフから最小値を探すことによってマッチング位置（差分値最小の位置=類似度が最大の位置）を求める状態を表したものである。

【0036】また、図11（B）は、画像上に定義した（a）～（d）それぞれのウインドウの位置と、それらの定義したウインドウの走査範囲を示す図である。また、図11（C）は、それぞれのウインドウ（a）～（d）において、視差方向に切った1ライン上の輝度分散を複数箇所で求める状態をあらわした図である。また、図11（D）は、二つのカメラで撮像した対象物とその対象物が画像上に撮像されたときの位置関係を表した図である。

【0037】なお、上記の差分とは、基準画像と他方の画像の各画素毎の輝度差の総和であり、差分が小さいほど類似度は大となる。通常、類似度と差分は次の式で表される。

シンドウそれぞれにおいて各画素毎に求めた差分値（基準画像と差分を求める画像との差）と視差（基準画像と差分を求める画像との位置の差）との関係をグラフ化したものであり、差分マッチングの場合、差分値が最小の位置が類似度の最も高い位置となる。しかし、例えば図11（A）の（a）のように、ウインドウもウインドウの探索範囲も共に無地の画像であると、どの位置においても差分が同じ値となるため視差を決めることができない。実画像では、このようなウインドウでも小さなノイズがあるために、それぞれの位置で異なる値の差分が求められ、最小値の位置も求められてしまうが、このような場合、この位置は物体の視差を検出したものでないため、この視差を物体検知に利用すると誤検知の原因となる。また、図11（A）の（b）のように視差と平行なエッジしかないウインドウでは、物体の一部と考えられるエッジが撮像されているが、（a）と同様に、差分値は走査範囲内で全て同じ値なので、求められた視差は正確なものでない可能性が高い。すなわち上記（a）、（b）のような場合に求めた視差は誤計測の原因になる可能性が高いため、視差は求めるべきではないと言える。

【0040】以下、上記のような誤検知の要因を取り除く方法を説明をする。図11(C)は、各ウインドウにおいて視差方向に切った横1ライン上の輝度分散を複数箇所で求めた状態を示す図である。視差と平行に切られた横1ラインのウインドウの輝度分散は、(a)のような無地のウインドウにおいても、(b)のような視差と平行な方向にだけエッジを持つウインドウにおいても、共に小さな値となる。逆に、(c)のように視差の算出が可能なウインドウでは分散は大きくなる。

【0041】また、ウインドウ内の全体の輝度分散を計算すると、(a)の無地のウインドウでは分散が小さくなるが、(b)のウインドウの分散は大きくなってしまう。しかし、図11(C)に示したように横1ラインの分散を算出すれば、(a) (b)は共に分散が小さくなるので、視差算出が不適なウインドウを正確に検出することができる。このように複数箇所の1ライン上の分散の合計または平均に基づいて視差を求めることが適当であるか否かを、マッチングを行なう前に判断すれば、誤検知のウインドウを取り除くことができ、同時に計算量を削減することができる。

【0042】また、視差の算出は、図11(A)に示した差分値のグラフから最小値の位置を探することで行なうため、最小値に近い値が複数箇所で見られるものは、無地のウインドウや視差方向と平行なエッジしか持たない画像と同様に、求めた視差の確実性は低いものとなる。例えば、図11(A)の(d)のようにノイズのある画像では、前述の図11(C)の方法で求めた分散は大きくなるが、差分値のグラフは、最小値に非常に近い値が複数箇所で求められるため、その中から視差を断定することは困難である。仮に、求められた差分値最小位置を視差としても、この位置は誤対応位置である可能性が高い。したがってこのような場合には視差を求める方がよい。そのため次のような方法を用いる。

【0043】図11(A)に示すように、走査範囲内で求めた差分値の平均値とその中の最小差分値を求める。全体の差分値のうち、最小値に近い値が多く現れる場合にはマッチング範囲内で求めた差分の平均値と差分の最小値との差が小さくなる、つまり、この二つの値の差が或るしきい値より小さい場合には、そのウインドウで求めた視差は誤対応の高いものであると判断することができる。したがって、上記の判断において誤対応の可能性の高いと判断した視差は、この後の処理である表への投票に用いないようにすれば、物体の検知をより確実にことができる。なお、上記図11(A)のグラフは縦軸に差分をとっているが、差分の逆数の類似度をとった場合には、類似度の最大値と類似度の平均値との差が所定のしきい値より小さい場合に誤対応と判断する。

【0044】上記のように、各ウインドウにおいて視差方向に切った横1ライン上の輝度分散が各ラインにおいて小さい場合、およびマッチング範囲内で求めた差分の

平均値と差分の最小値との差（類似度の最大値と類似度の平均値との差）が小さい場合には、誤対応の可能性が高いので、そのウインドウで求めた視差を用いないようにより確実にすることができる。

【0045】第3の実施の形態においては、輝度分散算出手段11で上記の横1ライン毎の分散を算出し、分散判断手段12で上記の分散が所定のしきい値より大か否かを判断する。そして分散がしきい値以上の場合にのみ視差算出手段6による視差の算出を行なう。また、類似度格納手段13に走査範囲内の類似度（差分値）を格納し、差算出手段14で類似度の（最大値-平均値：差分値の場合には平均値-最小値）を演算し、判断手段15で上記（最大値-平均値）が所定のしきい値以上か否かを判断し、しきい値以上の場合にのみ次の投票手段8における投票を行なうように構成している。

【0046】以上説明したごとく、第3の実施の形態においては、ウインドウ毎における視差算出手段のマッチング処理の前処理として、ウインドウ内の視差方向の分散を求める方法を用いるため、視差の算出が不可能なウインドウにおける差分計算を省略できるので処理が高速になる。加えて、マッチングの困難なウインドウにおける視差を算出しないため、後処理である物体検知の信頼性が向上する。

【0047】また、視差を算出したウインドウにおいて、その視差を決定するために求めた走査範囲内における各画素毎の差分の平均値と最も差分の低い位置との差の大小に応じて、求められた視差の信頼性を判断し、信頼性の低いもの、つまり、誤検知の可能性の高い視差を表への投票に用いない方法をとるため、誤検出が減り、物体検知の信頼性が向上する。

【0048】(第4の実施の形態)図12は、本発明の第4の実施の形態を示すブロック図である。この実施の形態は、前記図10の構成において、投票手段と距離算出手段の内容を変更したものであり、物体の検出と算出した距離の値とを高精度化する機能を設けたものである。図12において、16は投票手段、17は距離算出手段を示す。

【0049】まず、物体検出の高精度化処理について説明する。図13は、投票方法による物体検出の高精度化処理を説明するための図であり、図11で説明した方法で確実性の高いウインドウの視差だけを残した結果を用いて、図7に示した投票用の表へ投票する際に、視差を検出したウインドウの方向と視差とに基づいて、その対応する位置には高い値を、その位置と隣接する位置には低い値を加算する状態を表した図である。

【0050】デジタル画像には量子化誤差があるため、同じ距離にある物体上に切った二つのウインドウにおいても視差が1画素異なってしまうことが多く発生する。特に、先行車のように内部が無地の物体を検出対象とし

た場合には、視差算出の基準となるエッジが物体の輪郭だけとなるため、このようなことが多く起こる。加えて内部が無地の物体はその輪郭を含むウインドウしか視差の算出ができないため、同じ視差が固まりとして検出されず、かつ、そのエッジが画像に対して斜めである場合には、同一物体を検出しているウインドウであるにも関わらず同じ方向のウインドウで同じ視差が検出されない。このように本来同じになるべき視差の値が異なると、図7に示した単純な投票方法では、各方向（同じ×座標上に並ぶウインドウ）で視差の値が異なり、同じ値が連続して検出されないため、物体を検知できない。そのため、図13においては、該当する個所に単純に1票を投票するのではなく、該当する個所およびその近接個所に投票するようにしたのである。図13に示す例では、角度が(8)で視差が「15」の個所に1票を入れる場合に、上記の個所には3票を入れ、その上下の個所にはそれぞれ2票を入れ、左右の個所にはそれぞれ1票を入れるものである。このようにすれば、量子化誤差による視差の違いをお互いに反映させることができ、また、隣合うウインドウにおいて同じ視差が検出された場合もお互いにそのことを反映させた投票ができるので、例えば内部が無地であるために視差を求めにくい物体の未検出を防ぐことができる。

【0051】次に、距離算出の高精度化処理について説明する。図14は、差分の平均値を加えたグラフを示す図であり、図14(A)は画像上に視差を求めることができたウインドウを示した図であり、図14(B)は表中のしきい値以上の値を示した個所に投票したウインドウにおいて、マッチング時に求めた各画素毎の差分値のグラフと、そのグラフの中に、そのウインドウの視差として求められた位置の左右1/2画素分の位置で求めた差分値の平均値のグラフ（全部で1画素分の位置で求められた値の平均）を示した図である。

【0052】前記のように、図7の表によって検知した物体までの距離は、表中の縦方向の位置（視差）を前記（数1）式に代入することによって計算することができる。しかし、表から求める視差は整数単位であるため距離精度が悪い。物体の視差は、差分値が最も小さくなる部分であり、この差分値は、図14のグラフからも判るように整数として求められた視差に近い位置を極値とする2次曲線に近い形状をしている。つまり、視差をこの2次曲線の極値として求めることにより、より細かい単位で視差を求めることができる。更に、ここでは、物体の視差は物体上にかかる複数のウインドウで求めているため、これらのウインドウ全てにおいて求めた走査範囲内における各画素毎の差分値の平均を求める。その平均値のグラフを2次曲線とみなしたときの極値をとる位置を視差とすることにより、物体を検知した全てのウインドウの結果を反映させた視差を算出できるようになり、より正確かつ高精度な距離を算出できるようになる。な

お、上記の例では2次曲線に近似した場合を例示したが、これに限るものではなく、より高次の曲線に近似してもよい。

【0053】図12の実施の形態においては、投票手段16において、図13で説明した物体検知の高精度化処理を行ない、距離算出手段17では図14で説明した距離算出の高精度化処理を行なっている。

【0054】以上説明したことと、第4の実施の形態においては、表への投票の際、その周囲の枠にも低い値を加算する方法を取ったため、量子化誤差などにより、同じ距離にあるにもかかわらず視差が1画素分だけ異なるものとして検出された物体を同じ物体として検出しやすくなる。また、物体の特徴的なエッジが隣合う二つのウインドウに股がある場合なども隣のウインドウ同志に値を反映させることができるために物体の検知が確実になる。

【0055】また、表中で発見した物体の距離を計算する際、表中のしきい値以上である位置に加算する基となるウインドウ全てにおける各視差毎に求めた差分の平均値を求め、縦軸をその平均値、横軸を視差としたときにつきできる曲線を2次曲線とみなし、その曲線が極値となる位置を視差とするので、画素単位でしか求められない視差を少数単位で求めることができることになり、距離をより高精度に算出できるようになる。

【0056】（実施例）次に、これまで説明した第1～第4の実施の形態を用いて、道路前方にある2本の木と先行車までの距離、およびそれらの横方向の位置を計測する実施例について説明する。ここでは、前記図2に示したように、2台のカメラの光軸が平行になり、かつ、2台のカメラのy軸が同一ライン上にのるように配置したステレオカメラを用いることにする。

【0057】図15は、この実施例における処理のフローチャートである。図15において、まず、ステップS100では、初期設定を行なう。この初期設定では、新たな画像を入力する前に処理中に用いる値格納用の表をクリアする。ここで初期設定を行なう表は、図16に示すような各ウインドウ毎に求めた差分値を格納（後記ステップS104で説明）するための表と、図17に示すような各ウインドウ毎に求めた視差を格納するための表である。なお、図17(C)、(D)に示す視差格納用の表において、「-1」と記載してあるのは、視差が求められないことを示すフラグであり、図17(C)が初期設定した状態（全ての個所を「-1」に設定）を示す。

【0058】次に、ステップS101では画像入力を行なう。ここでは、前記図2の画像Aと画像Bを入力する。次にステップS102では、どちらか一方の画像上にウインドウを定義（設定）する。ここでは、前記図4に示したように、縦に10個、横に20個の合計10×20個のウインドウを定義する。

【0059】次に、ステップS103～S106におい

て、定義したウインドウ全てにおいて視差を検出し、その結果を表へ投票する。まず、ステップS103では分散チェックを行なう。すなわち、最初の処理対象のウインドウにおいて、図11(C)で説明した処理を行なう。この方法で求めた分散がしきい値以下である場合は何もせずに次のウインドウの処理に移行し、分散がしきい値以上である場合は、ステップS104で差分マッチング処理を行なって視差を算出する。このマッチング処理は前記図11(B)で説明した処理である。このとき求めた各画素毎の差分値は後に行なう視差の信頼性判断(ステップS105)や視差の高精度化処理(ステップS110)で利用するので、図16の表に各ウインドウ毎に格納しておく。なお、格納するステップは図示を省略した。

【0060】次に、ステップS105では、算出した視差の確実性を調べるために、そのウインドウにおいて求めた全差分値の平均値と最小差分値との差を求め、その差が所定のしきい値以上か否かを判断する。この処理は前記図11(A)で説明した処理である。この判断において、平均値と最小値との差がしきい値以上であればステップS106で表への投票を行なった後に次のウインドウの処理へ移り、しきい値より小さいときは表への投票は行わずに次のウインドウの処理へ移る。また、各ウインドウで求めた視差は視差の高精度化処理で用いるので、画像上の縦横に定義したウインドウの数と同じ大きさの視差格納用の表を用意しておき、確実性の高い視差が求められたとき表中の対応する位置にそのウインドウで求めた視差を格納する。図17(D)が視差を格納した後の表である。なお、格納するステップは図示を省略した。

【0061】上記のステップS106において、確実な視差が求められたときの表への投票の方法は、前記図7の方法と前記図13の方法とのどちらを用いててもよい。しかし、対象物が車両である場合には、車両の内部が無地であり、輪郭しか視差検出ができないことが多いため、図13の方法を用いる方が望ましい。投票は視差が検出された全てのウインドウにおいて同様の処理を行なう。

【0062】全てのウインドウにおいて求めた視差の投票終了後、投票用の表からしきい値以上の値を持つ位置を探索する。図18は、投票に利用された視差が検出された結果と、それに基づいて投票したときの投票終了後の表の様子を示す。物体がある程度大きいと、しきい値以上の位置が横に並んで検出される。

【0063】次に、図18の表から物体を分離しながら物体となる物体を検知する処理をステップS107～S109で説明する。まず、ステップS107では、或るしきい値で図18の表を2値化する。上記のしきい値は検出対象とする物体の高さによって経験的に決めることができる。次に、ステップS108では、2値化後の表

をラベリングする。ラベリングは連結性を調べることで行なう一般的な方法で十分である。ラベリング後の表中のラベル数は検知した物体数であり、そのラベルを検知した縦方向の位置が視差である。図19(B)はラベリングした結果を示す。次に、ステップS109では、上記図19(B)に示すラベリングした結果から物体を検知する。なお、図19(B)にも示すように、1台である先行車の左端と右端だけが別個に検出され、二つのラベルとして検出される場合があるが、このような場合は同じ距離にあり、同じ動きをするなどの情報から一つの物体として判断することができる。

【0064】次に、検知した物体の距離と位置を求める方法を説明する。まず、ステップS110では、前記図14で説明した方法で視差の高精度化処理を行なう。その手順を説明する。図20は、横方向(7)の位置に視差「15」の物体を検知したときにおいて、その物体までの視差の高精度化を行なう処理例を示したものである。まず、図20(A)に示すラベル図(図19(B)と同じ)から、そこに投票したウインドウを探す。検知したラベルに投票したウインドウの探索は、図20(B)に示すように、図16のウインドウ毎の視差を格納した表を用いて、検知したラベルと同じ横方向の位置にある列を縦に走査し、検知物体と同じ視差の格納されている位置を探索することで行なうことが出来る。次に、これらのウインドウで求めた各画素毎の差分値の平均を求める。視差を求めたウインドウにおける各画素毎の差分値は前記図17に示す表に格納されているので、その表を用いて、図16の表から検出した対応するウインドウの差分値を全て加算し、そのウインドウの個数で割れば平均値を求めることが出来る。図20(C)はこの平均値をグラフ化したものである。このグラフにおいて、処理中のウインドウで求めた視差(ここでは15)付近の曲線、すなわち図20(C)のLの範囲内を2次曲線とみなし、その曲線が極値となる位置(ここでは14.4)を視差とする。

【0065】次に、ステップS111では、求めた視差を用いて検知物体の距離を求める。物体までの距離は前の処理で求めた視差を前記(数1)式に代入することで算出できる。また、物体の光軸に対する横方向の距離は、上記の距離と物体を検知したウインドウの横方向の番号を前記(数4)式に代入することによって求めることができる。この処理を表から検知した全ての物体について施すことによって前方に撮像された複数物体の距離と位置を求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態を示すブロック図。

【図2】ステレオ画像を用いて三角測量の原理でカメラから検出対象までの距離を求める原理を説明する図。

【図3】単位がmmで表される焦点距離fを単位が画素の値に換算する方法を説明するための図。

【図4】ステレオ画像における両画像の対応する位置毎の視差を求めた結果を示す図。

【図5】画像をカメラで撮像した場合に、2台のカメラに対して、先行車とその横の2本の木の位置関係と、画像上に定義したウインドウの中に撮像される角度を示した図。

【図6】縦方向に視差、横方向に角度をとった投票用の表を示した図であり、(A)は左画像、(B)は右画像、(C)は投票用の表を示す。

【図7】距離画像上の或るウインドウで求めた視差とそのウインドウの横方向の位置に基づいて、対応する表中の位置に投票する様子をあらわした図であり、(A)は右画像、(B)は視差の表、(C)は投票用の表を示す。

【図8】投票を全てのウインドウにおいて行った結果を示す図であり、(A)は右画像、(B)は視差の表、(C)は投票用の表を示す。

【図9】本発明の第2の実施の形態を示すブロック図。

【図10】本発明の第3の実施の形態を示すブロック図。

【図11】障害物の誤検知を防止する機能を説明するための図であり、(A)は、処理対象画像上に設定した各ウインドウの画像を示す図、(B)は画像上に定義した各ウインドウの位置と、それらの定義したウインドウの走査範囲を示す図、(C)は各ウインドウにおいて、視差方向に切った1ライン上の輝度分散を複数個所で求める状態をあらわした図、(D)は二つのカメラで撮像した対象物とその対象物が画像上に撮像されたときの位置関係を表した図。

【図12】本発明の第4の実施の形態を示すブロック図。

【図13】投票方法による障害物検出の高精度化処理を説明するための図。

【図14】差分の平均値をえたグラフを示す図であ

り、(A)は画像上に視差を求めることができたウインドウを示した図、(B)はマッチング時に求めた各画素毎の差分値のグラフと、差分値の平均値のグラフを示した図。

【図15】本発明の一実施例における処理の流れを示すフローチャート。

【図16】各ウインドウ毎に求めた差分値を格納するための表を示す図。

【図17】各ウインドウ毎に求めた視差を格納するための表を示す図。

【図18】投票に利用された視差が検出された結果と、それに基づいて投票したときの投票終了後の表の様子を示す図。

【図19】ラベリングした結果を示す図。

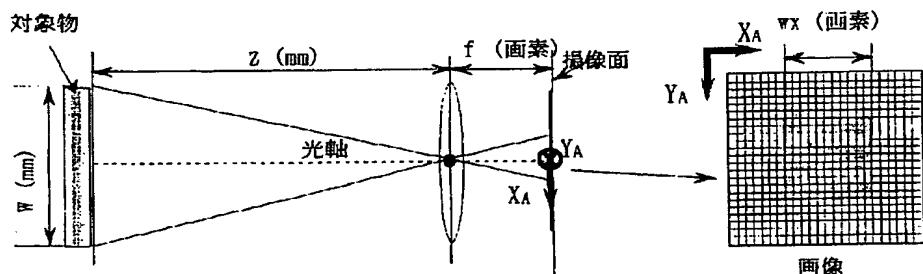
【図20】或る横方向の位置に或る視差の物体を検出したときにおいて、その物体までの視差の高精度化を行なう処理例を示す図。

【符号の説明】

1、2…電子式のカメラ	3、4…画像メモリ
5…ウインドウ設定手段	6…視差算出手段
7…視差・角度の表	8…投票手段
9…物体検出手段	10…距離算出手段
11…輝度分散算出手段	12…分散判断手段
13…類似度格納手段	14…差算出手段
15…判断手段	16…投票手段
17…距離算出手段	20…検出対象物
21、22…カメラ	23…先行車
24、25…木	30…演算部

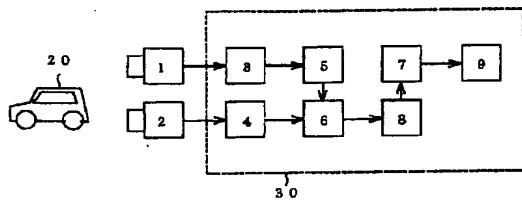
【図3】

(図3)



【図1】

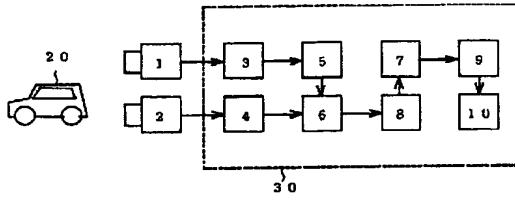
(図1)



1, 2 …電子式のカメラ
3, 4 …画像メモリ
5 …ウインドウ設定手段
6 …視差算出手段
7 …視差・角度の表
8 …投票手段
9 …物体検出手段
10 …検出対象物
3'0 …演算部

【図9】

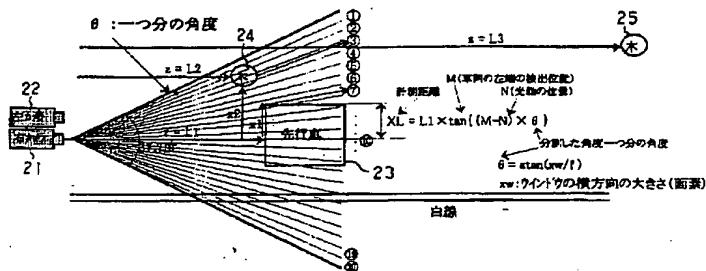
(図9)



1, 2 …電子式のカメラ
3, 4 …画像メモリ
5 …ウインドウ設定手段
6 …視差算出手段
7 …視差・角度の表
8 …投票手段
9 …物体検出手段
10 …距離算出手段
20 …検出対象物
3'0 …演算部

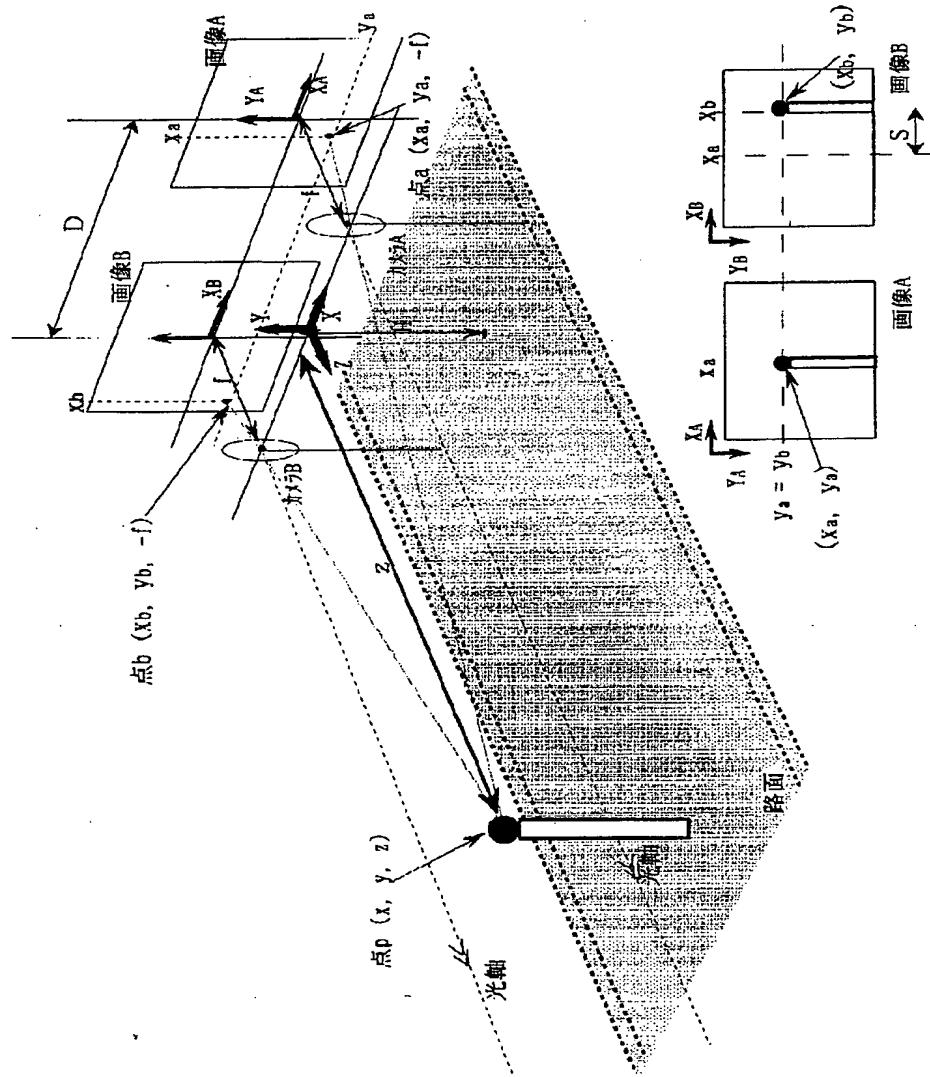
【図5】

(図5)



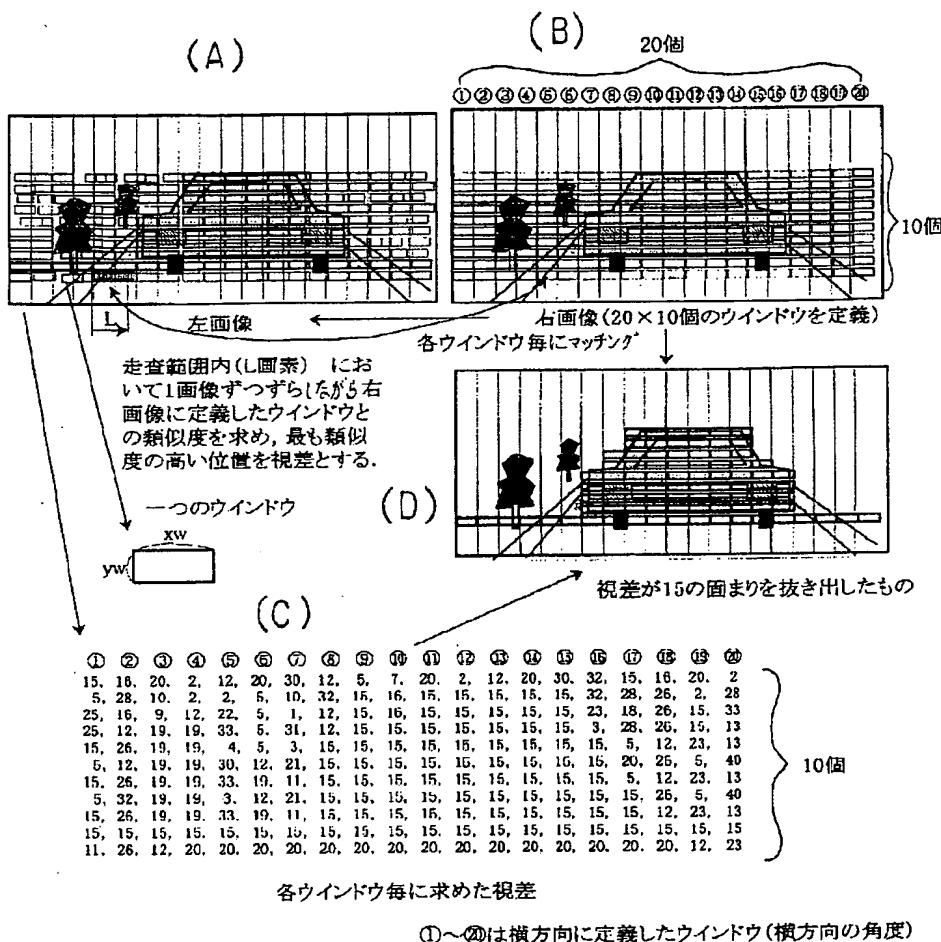
【図2】

(図2)



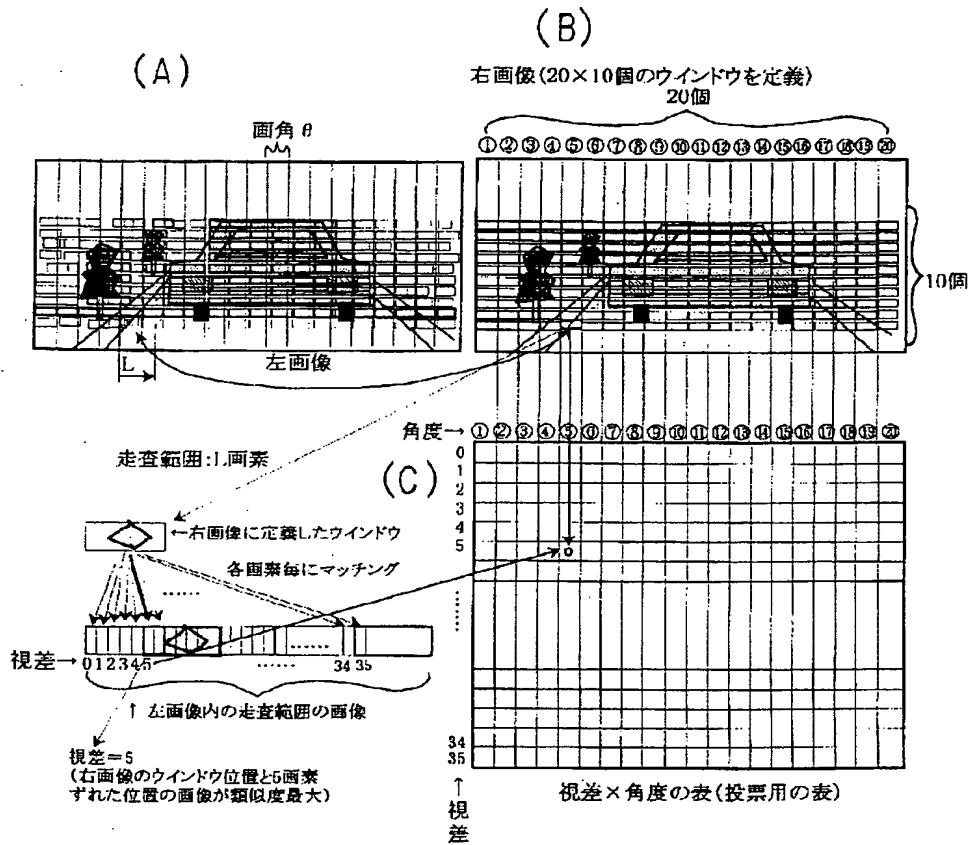
【 4】

(四 4)



【図6】

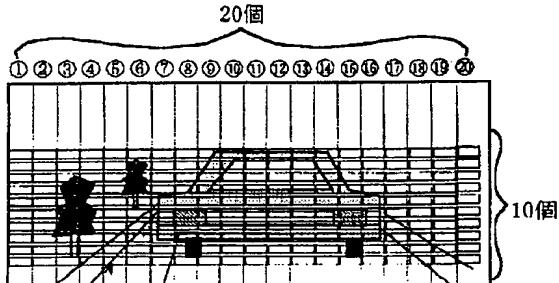
(図6)



【図7】

(図7)

(A)



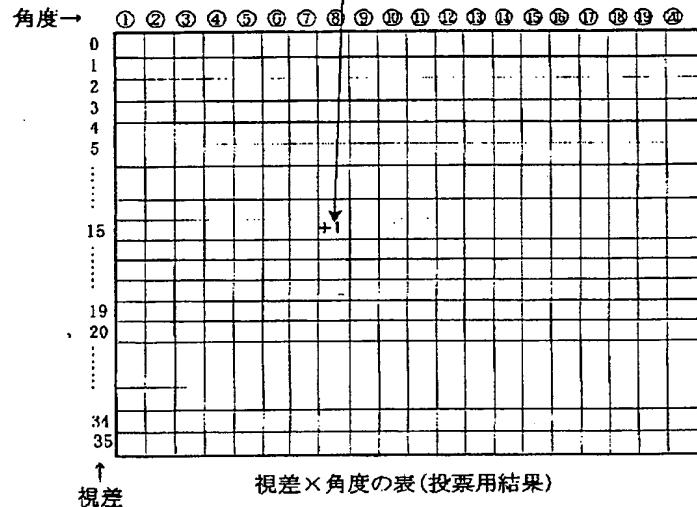
(B)

全ウインドウで
求めた視差
→

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	
15, 16, 20, 2, 12, 20, 30, 12, 5, 7, 20, 2, 12, 20, 30, 32, 15, 16, 20, 2																		
6, 28, 10, 2, 2, 5, 10, 32, 18, 16, 15, 15, 15, 15, 32, 28, 26, 2, 28																		
18, 16, 9, 12, 22, 5, 1, 12, 16, 16, 15, 15, 15, 15, 23, 18, 26, 15, 33																		
12, 12, 19, 19, 33, 5, 31, 12, 15, 15, 15, 15, 15, 3, 28, 28, 15, 13																		
15, 26, 19, 19, 30, 5, 21, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 20, 26, 5, 40																		
3, 12, 19, 19, 33, 19, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 5, 12, 23, 13																		
15, 26, 19, 19, 3, 12, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 26, 5, 40																		
5, 32, 19, 19, 33, 19, 16, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 12, 23, 13																		
15, 26, 19, 19, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15, 15																		
11, 26, 15, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 12, 23																		

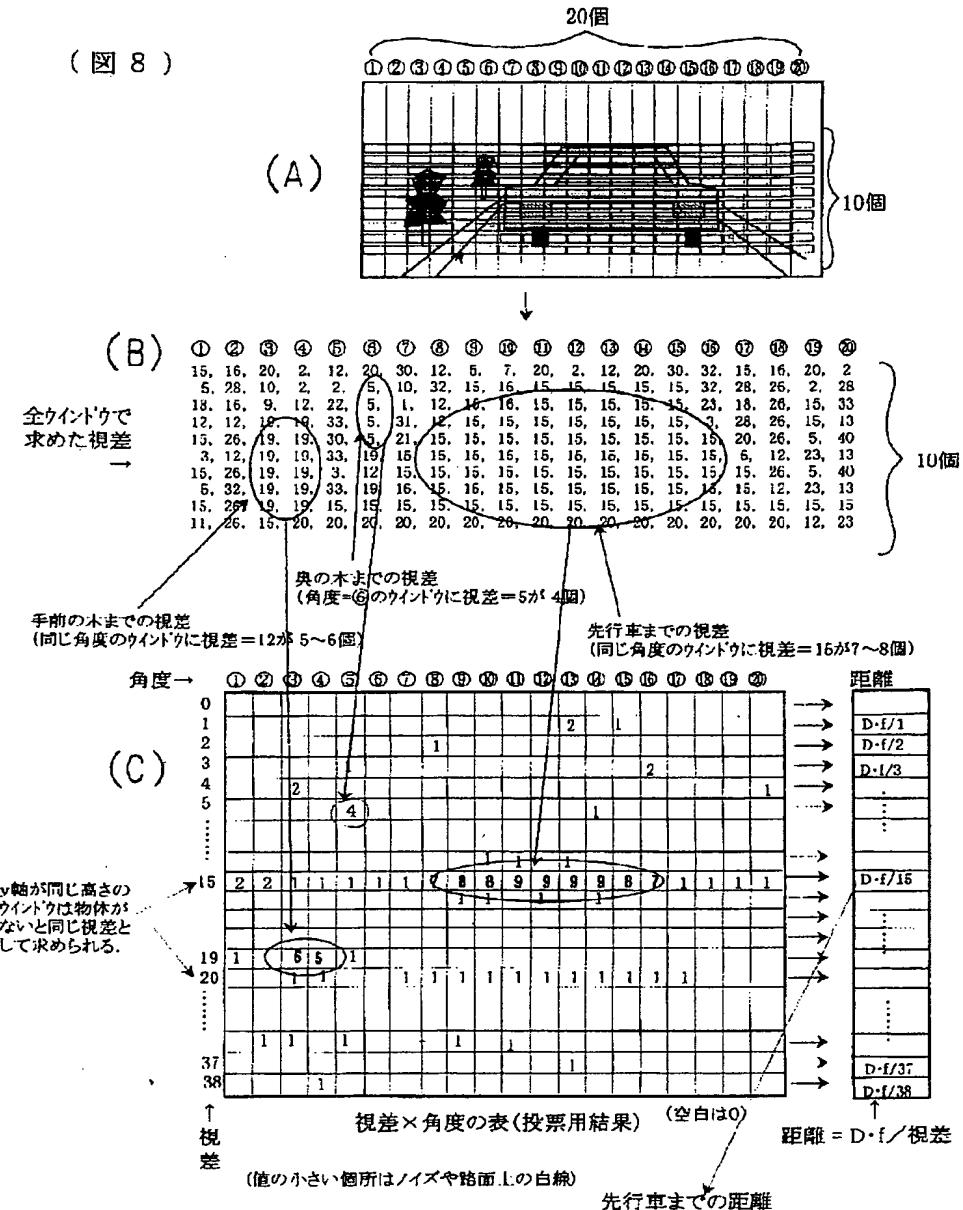
角度 = ⑧のウインドウで視差 = 15なので、
表の横軸 = ⑧, 縦軸 = 15のところを加算
↓
このような処理を全ウインドウにおいて行う。

(C)



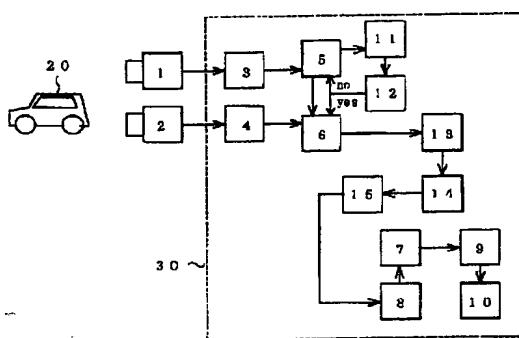
【図8】

(図 8)



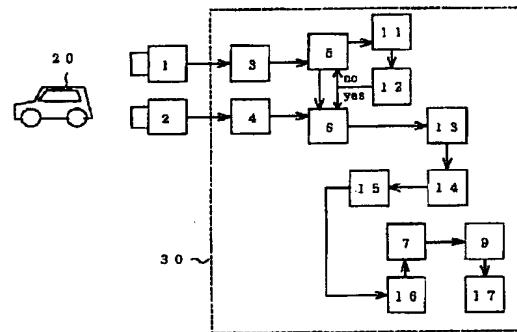
【図10】

(圖 10)



【图12】

(図12)



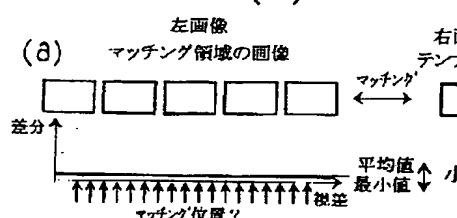
1、2 …電子式のカメラ	3、4 …画像メモリ
5 …ウインドウ設定手段	6 …複数算出手段
7 …視差、角度の表	8 …投票手段
9 …物体検出手手段	10 …距離算出手手段
11 …輝度分散算出手手段	12 …分散判断手段
13 …類似度格納手段	14 …差算出手手段
15 …判断手段	20 …検出対象物
30 …演算部	

1、2 …電子式のカメラ	3、4 …画像メモリ
5 …ウインドウ設定手段	6 …視差算出手段
7 …視差・角度の表	9 …物体検出手段
1 1 …輝度分布算出手段	1 2 …分離判断手段
1 3 …類似度格納手段	1 4 …算算出手段
1 5 …判断手段	1 6 …投票手段
1 7 …距離算出手段	2 0 …検出対象物
3 0 …演算部	

【図11】

(図11)

(A)



右画像 テンプレート

マッチング

分散判断

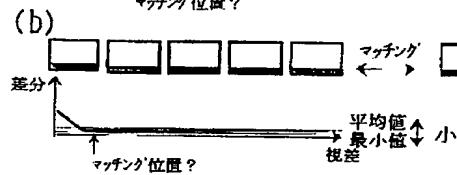
yw画素

xw画素

(c)

(a) 分散1 ← 小
分散2 ← 小
分散3 ← 小

分散1 + 分散2 + 分散3 ← 小

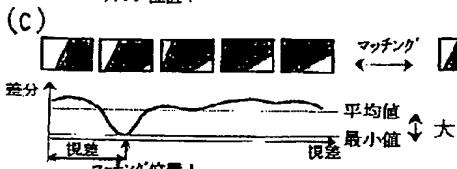


分散判断

(b)

分散1 ← 小
分散2 ← 小
分散3 ← 小

分散1 + 分散2 + 分散3 ← 小



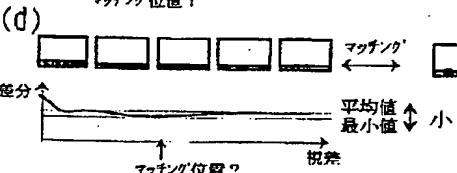
マッチング

分散判断

(c)

分散1 ← 大
分散2 ← 大
分散3 ← 大

分散1 + 分散2 + 分散3 ← 大



マッチング

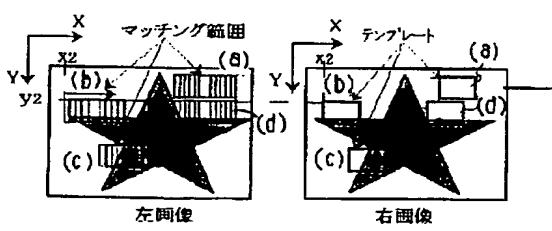
分散判断

(d)

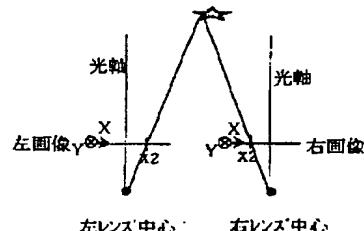
分散1 ← 小
分散2 ← 小
分散3 ← 大

分散1 + 分散2 + 分散3 ← 大

(B)

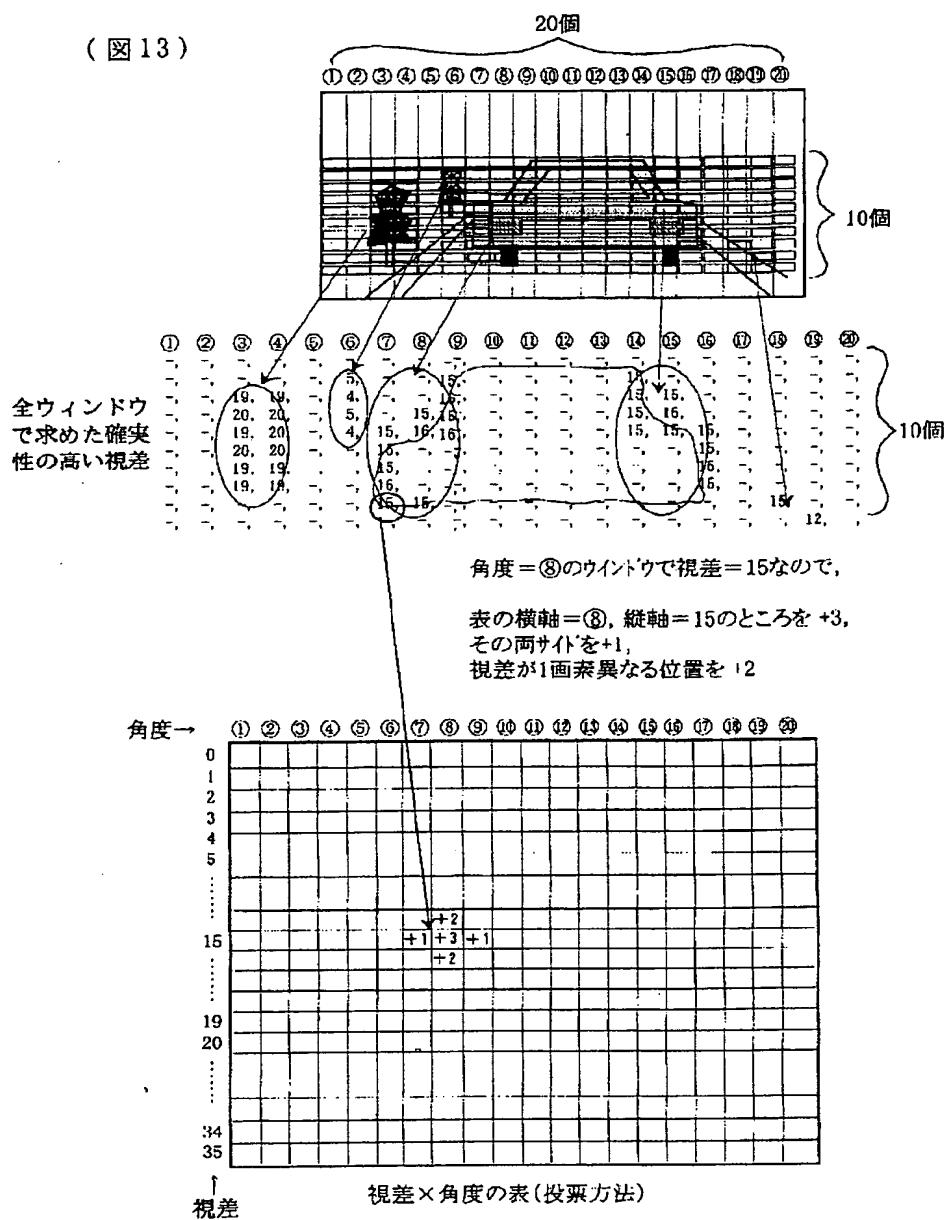


(D)



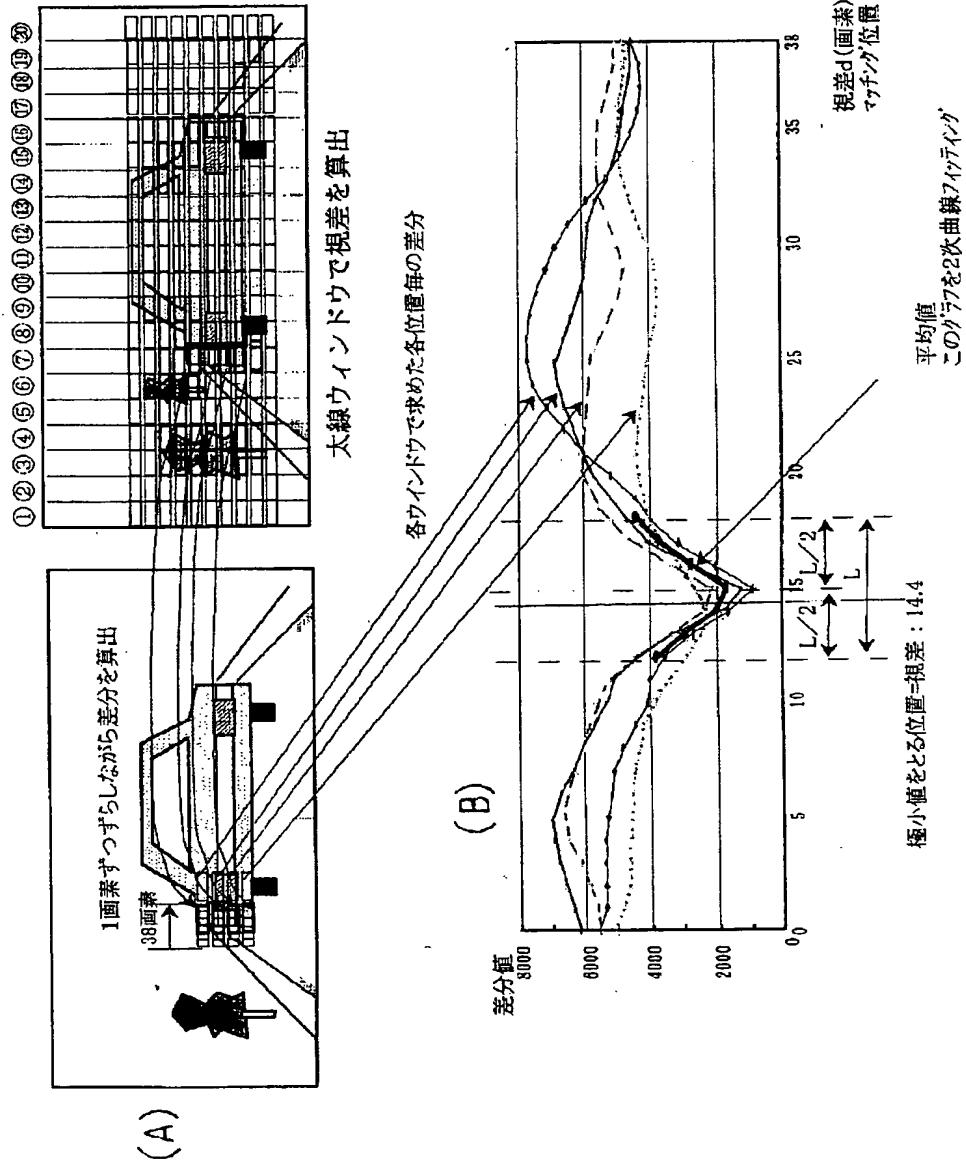
【図13】

(図13)



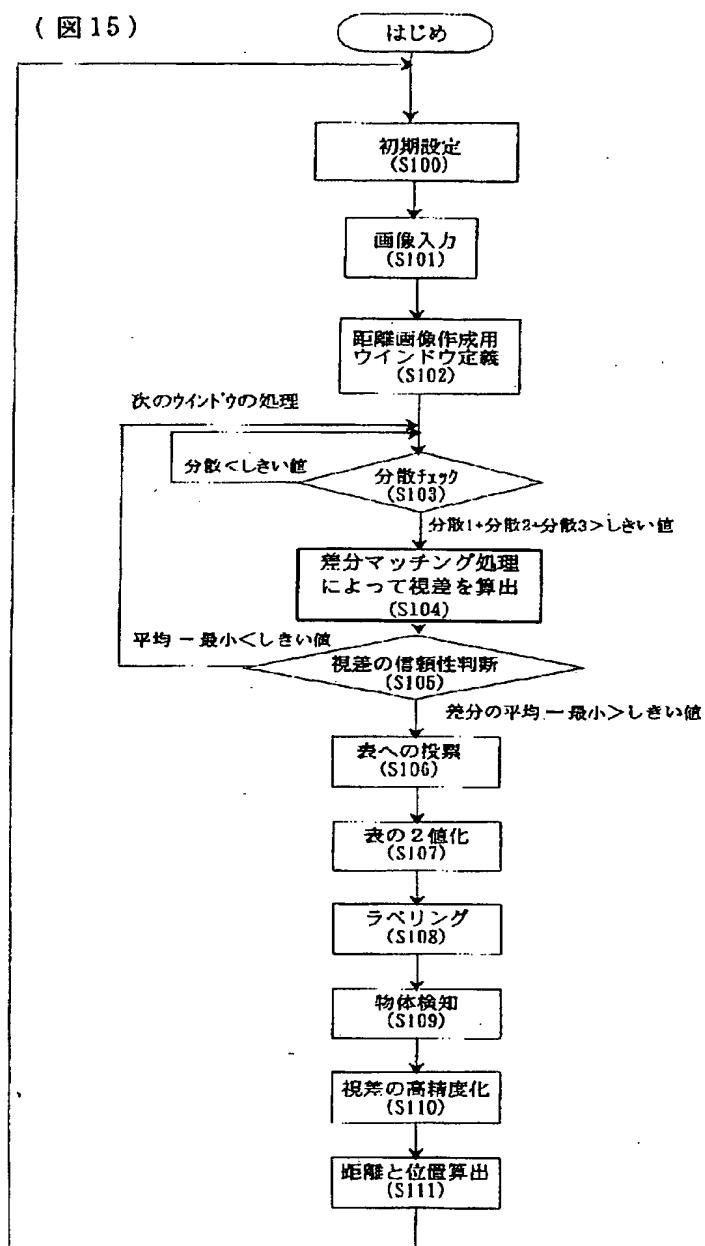
【図14】

(図14)



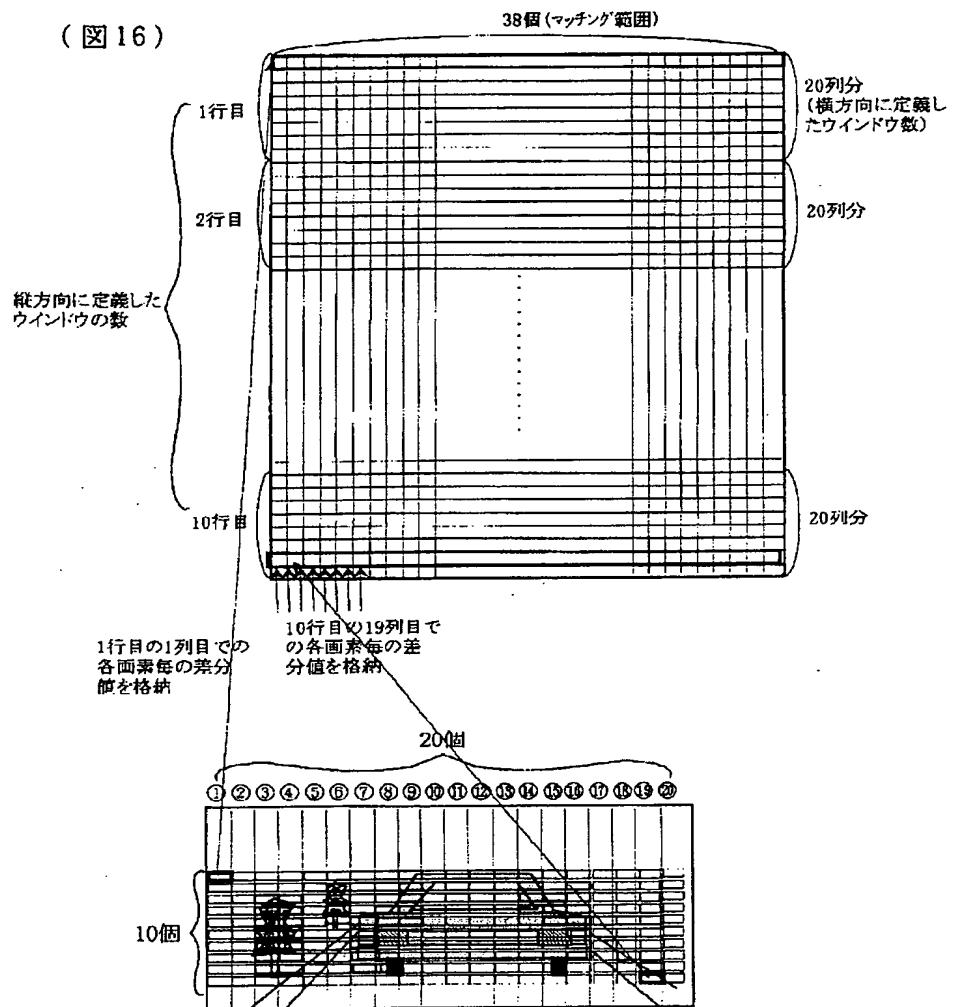
【図15】

(図15)



【図16】

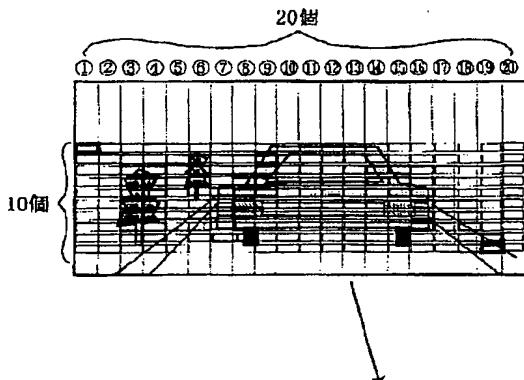
(図16)



【図17】

(図 17)

(A)



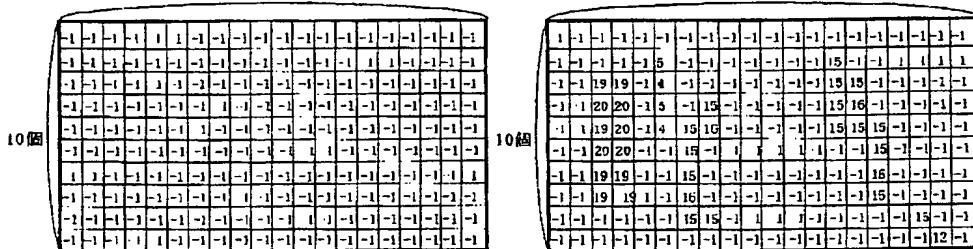
(B)

(c)



(0)

20



ー1：根差が求められないことを示すフラグ

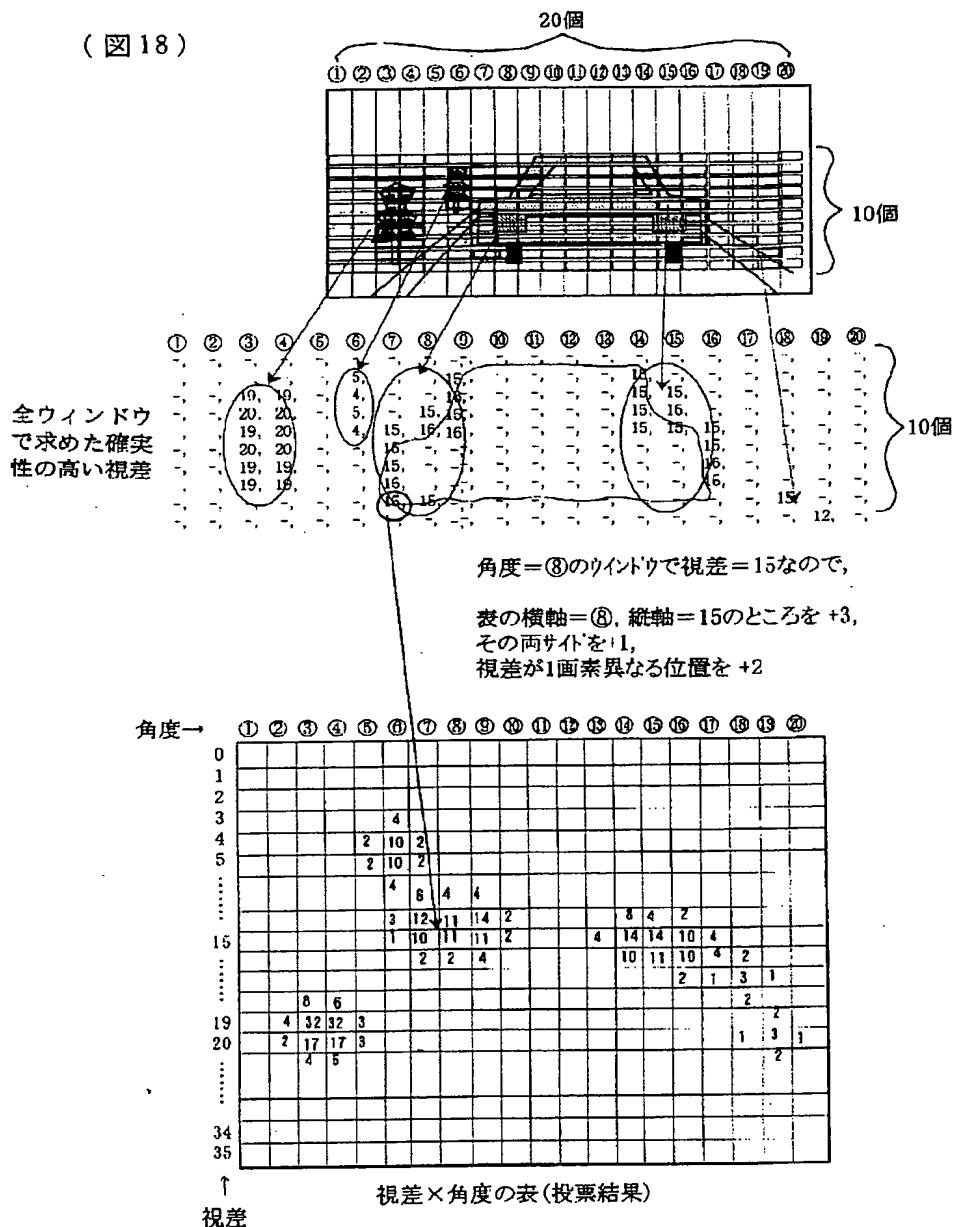
初期設定時

相善格納用の表

距離画像の値格納後

【図18】

(図18)



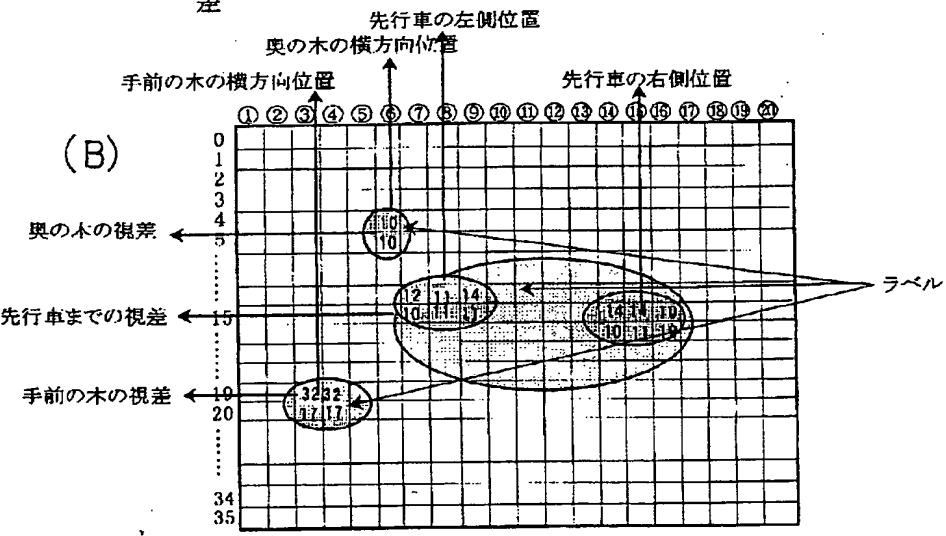
【図19】

(図19)

角度 →

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲
0																			
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			
35																			

視差 × 角度の表(投票結果)

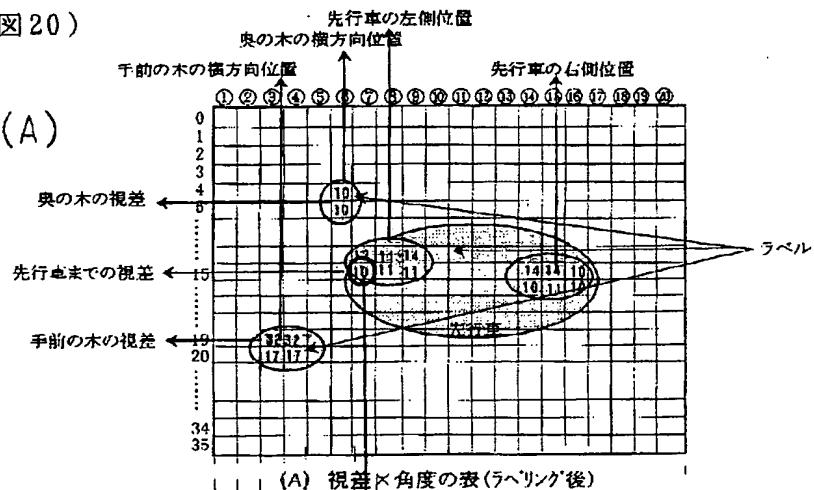


視差 × 角度の表(しきい値10で2値化)

(10以上の値だけを残したもの)

【图20】

(図 20)



(A) 視差と角度の表(ラベリング後)

ここに投票したもととなるウインドウ(角度⑦で誤差が14,15,16のいずれかのもの)

(B)

(D)

(c)

